



Qualidade da Energia Elétrica nas Estações de Radar da Força Aérea

Hugo Miguel Gomes Marçalo Costa

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador(es): Prof. Maria Teresa Nunes Padilha de Castro Correia de Barros
Eng. Andreia Lopes Leiria

Júri

Presidente: Prof. Rui Manuel Gameiro de Castro

Orientador: Prof. Maria Teresa Nunes Padilha de Castro Correia de Barros

Vogal: Eng. Rui Manuel Venâncio Martins

Novembro de 2017

Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar à Professora Maria Teresa Correia de Barros e à Engenheira Andreia Leiria por toda a disponibilidade e orientação prestada durante o desenvolvimento desta dissertação de mestrado.

Seguidamente à minha família e amigos por estarem presentes e demonstrarem o seu apoio durante esta caminhada. Em especial à minha namorada Ana Caetano, por me ter apoiado e incentivado.

Ao Major Pedro Costa pela sugestão do tema de tese e por toda a ajuda prestada.

Aos Oficiais e Sargentos da Secção de Eletricidade e da Secção de Energia Elétrica e Sistemas da Direção de Infraestruturas da Força Aérea, por todo o apoio prestado, nomeadamente na coordenação e acompanhamento aquando das visitas às Estações de Radar.

Aos comandantes das Estações de Radar 1, 2 e 3 pela disponibilidade e apoio para a instalação dos equipamentos nas suas unidades, bem como nas visitas realizadas às mesmas.

A todos os militares, em especial aos Sargentos das Secções de Manutenção Eletromecânica, das ER1, ER2 e ER3 pela ajuda na instalação dos equipamentos de monitorização, na recolha dos dados e em todo o apoio demonstrado.

À EDP Labelec, em especial aos Engenheiros Rui Martins e Luís Rocha, pela disponibilização dos equipamentos de monitorização e todo o acompanhamento relacionado com os mesmos.

Por fim, mas não menos importante, aos meus camaradas Mustangs pelo acompanhamento durante este longo percurso de 6 anos na Academia da Força Aérea, prestes a culminar com a entrada nos quadros de Oficiais da Força Aérea.

A todos um muito obrigado,

Hugo Costa

AlfAl/EngEI

Resumo

A qualidade da energia elétrica continua a ser alvo de grande preocupação, quer por parte dos fornecedores, como por parte dos consumidores. Estes últimos com especial preocupação no correto funcionamento (e durabilidade) dos seus equipamentos elétricos e eletrônicos. Em particular, os grandes consumidores de energia elétrica, como hospitais e instalações industriais, sentem uma especial preocupação no contínuo e correto funcionamento dos seus equipamentos.

Também a Força Aérea, nomeadamente nas suas Estações de Radar, contempla esta preocupação com o correto funcionamento de todos os equipamentos instalados, devido à permanente necessidade de controlar e supervisionar o espaço aéreo nacional. Deste modo, foram instalados em cada uma das Estações de Radar grupos geradores e bancos de baterias ligados a UPS, de modo a garantir o correto e contínuo funcionamento de toda a unidade, aquando de alguma perturbação na qualidade de energia (principalmente na ocorrência de cavas de tensão e interrupções de serviço). Atualmente, o tempo de vida útil do banco de baterias é consideravelmente inferior às indicações do fabricante.

Nesta dissertação de mestrado realizou-se a monitorização da qualidade da energia elétrica em três Estações de Radar, de modo a analisar se o problema das baterias estaria relacionado com a qualidade da energia elétrica fornecida. Para tal realizou-se uma monitorização durante 3 meses e realizou-se uma análise das entradas em serviço das UPS face à configuração da mesma em conformidade com as curvas de tolerância das possíveis classes de imunidade dos equipamentos. Por fim, concluiu-se que os resultados obtidos não confirmam a teoria inicial.

Palavras-chave: cavas de tensão, energia elétrica, Estações de Radar, Força Aérea, monitorização, qualidade.

Abstract

Power quality continues to be a major concern point, both by suppliers and by consumers. The latter with special concern in the correct functioning (and durability) of their electrical and electronic equipment. Especially customers who consume a huge amount of power, such as hospital and industry, for example, are especially concerned about the continuous and correct functioning of their equipment.

Also the Air Force, particularly in its Radar stations, addresses this concern with the correct functioning of all installed equipment, due to the continuing need to control and supervise the national airspace. In this way, generator sets and battery banks connected to UPS were installed in each of the Radar Stations in order to ensure the correct operation of the whole unit, during a power quality event (mainly in the case of voltage dips and interruptions of service). Currently the expected life time of the battery bank is considerably less than the manufacturer's previsions.

This master's thesis was carried out to monitor the quality of the electric power in three Radar Stations, in order to analyse if the problem of batteries would be related to the quality of the electric power supplied to the Stations of Radar. To this end, a 3-month monitoring was carried out and an analysis was made of the UPS's functioning if his configuration was in accordance with the tolerance curves of the possible immunity classes of the equipment. Lastly, concluded that the results do not confirm the initial theory.

Keywords: Air Force, electrical energy, quality, monitoring, Radar Stations, voltage dips.

Conteúdo

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Lista de Tabelas	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Abreviaturas	xv
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Estrutura da dissertação	3
2 Qualidade da Energia Elétrica	5
2.1 Indicadores de Qualidade da Energia Elétrica	5
2.2 Continuidade de Serviço	7
2.3 Cavas de tensão	8
2.4 Caracterização dos Equipamentos por classes	10
3 Monitorização QCT em Estações de Radar da Força Aérea	15
3.1 Instalações Monitorizadas	15
3.2 Equipamento de monitorização QCT	17
3.3 Resultados obtidos	18
3.3.1 Processamento dos resultados da monitorização QCT	19
3.3.2 Estação de Radar nº1	21
3.3.3 Estação de Radar nº2	28
3.3.4 Estação de Radar nº3	37
4 Análise de Resultados	43
4.1 Descrição da abordagem ao problema	43
4.2 Análise face a entradas em serviço da UPS	43
4.3 Análise face a curvas de tolerância dos equipamentos	49

5 Conclusões	67
5.1 Trabalhos futuros	68
Bibliografia	69
A Código MatLab para tratamento de dados da monitorização	71
A.1 Código para tratamento de cavas	71
A.2 Código para tratamento de interrupções	85

Lista de Tabelas

2.1 Tensão residual e duração a utilizar no teste de imunidade dos equipamentos a cavas de tensão. Adaptado da norma IEC 61000-4-11.	11
3.1 Períodos de Monitorização em cada ER.	15
3.2 Cargas ligadas ao QGBT	16
3.3 Calibre dos disjuntores do QGBT	16
3.4 Cavas de tensão ocorridas na fase L1 na ER1	22
3.5 Cavas de tensão ocorridas na fase L2 na ER1	23
3.6 Cavas de tensão ocorridas na fase L3 na ER1	24
3.7 Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER1	25
3.8 Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER1	26
3.9 Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER1	26
3.10 Cavas de tensão ocorridas na fase L1 na ER2	29
3.11 Cavas de tensão ocorridas na fase L2 na ER2	30
3.12 Cavas de tensão ocorridas na fase L3 na ER2	31
3.13 Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER2	33
3.14 Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER2	34
3.15 Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER2	35
3.16 Cavas de tensão ocorridas na fase L1 na ER3	37
3.17 Cavas de tensão ocorridas na fase L2 na ER3	38
3.18 Cavas de tensão ocorridas na fase L3 na ER3	38
3.19 Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER3	38
3.20 Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER3	39
3.21 Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER3	39
3.22 Registo das interrupções de serviço na ER3	41
4.1 Registos dos eventos da UPS no SSC da ER1, entre 23 de janeiro e 17 de abril de 2017.	44
4.2 Registos dos eventos da UPS no SSC da ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.	45
4.3 Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER3, no período de 22 a 28 de agosto de 2017	47
4.4 Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER3, no período de 22 a 28 de agosto de 2017	47
4.5 Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER3, no período de 22 a 28 de agosto de 2017	47

4.6	Registos dos alarmes da UPS da ER3, entre 22 e 28 de agosto de 2017.	48
4.7	Número de solicitações à UPS para as diversas classes de equipamentos, para um total de 51 cavas de tensão registadas na ER1.	65
4.8	Número de solicitações à UPS para as diversas classes de equipamentos, para um total de 58 cavas de tensão registadas na ER2.	65
4.9	Número de solicitações à UPS para as diversas classes de equipamentos, para um total de 18 cavas de tensão registadas na ER3.	65

Lista de Figuras

2.1	Caracterização de uma cava de tensão (extraída de [1]).	9
2.2	Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe A (adaptado de [5]).	11
2.3	Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe B (adaptado de [5]).	12
2.4	Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe C1 (adaptado de [5]).	12
2.5	Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe C2 (adaptado de [5]).	13
2.6	Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe D (adaptado de [5]).	13
3.1	Esquema de ligações do QGBT da ER3	17
3.2	Esquema de ligações do QGBT da ER3, com a introdução do equipamento MEMOBOX 300.	18
3.3	Gráfico extraído do programa CODAM PLUS, com a representação dos valores médios da tensão em intervalos de 10 minutos.	19
3.4	Imagem da tabela extraída do programa CODAM PLUS, com a representação do número de eventos ocorridos para cada valor da profundidade da cava de tensão e duração da mesma.	19
3.5	Cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017. Sua caraterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.	27
3.6	Registo temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER1, após agregação polifásica.	28
3.7	Registo temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER2, após agregação polifásica.	35
3.8	Cavas de tensão registadas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017. Sua caraterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.	36
3.9	Registo temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER3, após agregação polifásica.	39
3.10	Cavas de tensão registadas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017. Sua caraterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.	40
4.2	Cavas de tensão registadas na ER3, entre 22 e 29 de agosto de 2017. Sua caraterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.	48

4.1	Registo temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER3, após agregação polifásica, entre 22 e 28 de agosto de 2017.	49
4.3	Curvas de Tolerância de Classe A com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.	50
4.4	Curvas de Tolerância de Classe A com representação das cavas de tensão registadas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.	51
4.5	Curvas de Tolerância de Classe A com representação das cavas de tensão registadas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.	52
4.6	Curvas de Tolerância de Classe B com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.	53
4.7	Curvas de Tolerância de Classe B com representação das cavas de tensão registadas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.	54
4.8	Curvas de Tolerância de Classe B com representação das cavas de tensão registadas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.	55
4.9	Curvas de Tolerância de Classe C1 com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.	56
4.10	Curvas de Tolerância de Classe C1 com representação das cavas de tensão registadas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.	57
4.11	Curvas de Tolerância de Classe C1 com representação das cavas de tensão registadas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.	58
4.12	Curvas de Tolerância de Classe C2 com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.	59
4.13	Curvas de Tolerância de Classe C2 com representação das cavas de tensão registadas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.	60
4.14	Curvas de Tolerância de Classe C2 com representação das cavas de tensão registadas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.	61
4.15	Curvas de Tolerância de Classe D com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.	62
4.16	Curvas de Tolerância de Classe D com representação das cavas de tensão registadas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.	63
4.17	Curvas de Tolerância de Classe D com representação das cavas de tensão registadas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.	64

Lista de Abreviaturas

DI Duração total das interrupções.

END Energia não distribuída.

ENF Energia não fornecida.

ER Estação de Radar ou Estações de Radar.

FA Força Aérea.

GG Grupos geradores.

IEC Comissão Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission).

MAIFI Frequência média das interrupções longas do sistema.

MPQS Manual de Procedimentos da Qualidade de Serviço.

MT Média tensão.

NI Número de interrupções.

PdE Pontos de Entrega.

QCT Qualidade e Continuidade da onda de Tensão.

QGBT Quadro Geral de Baixa Tensão.

RD Rede de Distribuição.

RQS Regulamento da Qualidade de Serviço do setor elétrico.

RRC Regulamento das Relações Comerciais.

RT Rede de Transporte.

SAIDI Duração média das interrupções longas do sistema.

SAIFI Frequência média das interrupções longas do sistema.

SARI Tempo médio de reposição de serviço do sistema.

SSC Sistema de Supervisão e Controlo.

TIE Tempo de interrupção equivalente.

TIEPI MT Tempo de interrupção equivalente da potência instalada na rede média tensão.

UPS Fonte de alimentação ininterrupta (*Uninterruptable Power Supply*).

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

A energia elétrica tornou-se fundamental na vida humana e como tal imprescindível no dia-a-dia de qualquer pessoa. Sem ela, não seria possível manter os serviços básicos com que contamos diariamente como hospitais e conservação de alimentos, por exemplo. Como tal, revela-se necessário que a energia elétrica tenha a qualidade necessária de modo a manter o correto funcionamento dos equipamentos que dela necessitam para o seu funcionamento, tendo em conta que as alterações na qualidade da energia elétrica podem levar à interrupção do seu funcionamento, e eventualmente ao dano dos mesmos.

No entanto, a qualidade da energia elétrica não tem uma definição inalterável, pois o que antigamente teria qualidade, atualmente poderá não ter qualidade suficiente. No passado, quando a maioria dos equipamentos eram resistivos, a falta de qualidade prendia-se maioritariamente com interrupções de serviço. Mas atualmente, com a proliferação de equipamentos eletrónicos, as interrupções de serviço não são o único motivo de preocupação e deve-se ter em conta a qualidade da onda de tensão, pois se as características da onda de tensão estiverem fora dos parâmetros de normal funcionamento dos equipamentos elétricos e eletrónicos, podem ter como consequência a saída de serviço desses equipamentos ou até mesmo levar à sua degradação.

Estes eventos podem levar a avultados prejuízos, nomeadamente em instalações industriais, onde uma qualidade da energia elétrica menos satisfatória poderá levar à perda de produção, perda de matéria prima, perda de faturação e eventualmente danos nos equipamentos.

Assim, é cada vez mais importante a análise da qualidade da energia elétrica, principalmente para equipamentos de maior sensibilidade (ou menor imunidade) instalados em ambientes críticos, como é o caso dos hospitais, para a manutenção da vida humana, ou no caso da Força Aérea, para salvaguardar a soberania do espaço aéreo nacional.

1.2 Motivação

A Força Aérea (FA) possui diversas Unidades e Bases Aéreas para cumprir os mais variados objetivos a que se destina. Entre elas, existem 4 Estações de Radar (ER), localizadas em Fóia, Paços de Ferreira, Montejunto e no Pico do Areeiro (na ilha da Madeira). Estas Unidades são fulcrais ao normal funcionamento da Força Aérea pois permitem o controlo de todo o espaço aéreo nacional, sendo-lhes imprescindível o ininterrupto fornecimento de energia elétrica. Além da continuidade, é também necessário que os parâmetros da tensão que alimenta a Unidade sejam adequados ao funcionamento dos elementos mais sensíveis que operam nas estações de radar.

Para garantir a contínua operação das Estações de Radar, foram instaladas fontes de alimentação de recurso, nomeadamente grupos geradores (GG) e fontes de alimentação ininterruptas (UPS- *Uninterruptable Power Supply*). As UPS permitem o fornecimento de energia imediatamente após uma falha na rede de alimentação (quer esta ocorra na rede pública ou na rede do cliente), no entanto têm uma autonomia limitada. Estes equipamentos permitem também que a energia elétrica proveniente da rede pública seja filtrada, melhorando assim as características da onda de tensão (diminuição de harmónicas e manutenção do valor da amplitude da onda de tensão, por exemplo).

Os grupos geradores permitem satisfazer as necessidades energéticas da Unidade durante longos períodos de tempo, mas a sua entrada em funcionamento não é instantânea. Assim, as UPS são utilizadas para manter a continuidade do fornecimento de energia elétrica para as cargas mais críticas, e entram em funcionamento aquando de qualquer falha da rede elétrica pública, ao passo que os grupos geradores entram em funcionamento aquando de uma falha mais prolongada (os grupos geradores iniciam o processo de arranque, para falhas de alimentação superiores a 5s).

A autonomia das UPS é determinada pelo banco de baterias que possuem e, segundo os fabricantes, têm um tempo de vida útil de aproximadamente 5 anos. No entanto, nas Estações de Radar da Força Aérea tem-se verificado que a duração das baterias tem sido muito inferior aos 5 anos previstos pelos fabricantes. Estes justificam a discrepância, dizendo que se deve a uma elevada solicitação das mesmas, proveniente de sucessivas entradas em serviço das baterias. Como tal, com esta dissertação pretende-se analisar a qualidade da energia elétrica nas Estações de Radar, definir as causas que levam à rápida degradação dos bancos de baterias das UPS e propor medidas para mitigar este problema.

1.3 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo principal a análise da qualidade da energia elétrica que abastece as três estações de radar da Força Aérea em Portugal Continental. Esta análise irá incidir na monitorização da qualidade da energia elétrica fornecida às Estações de Radar, nomeadamente se esta se encontra dentro dos limites legais previstos no Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico, de novembro de 2013, e da norma europeia EN 50160, de julho de 2010. Posteriormente pretende-se analisar e caracterizar a instalação elétrica das Estações de Radar de modo a tecer-se

considerações relativas à influência que a operação da Estação de Radar provoca na rede elétrica que a alimenta.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos, os quais se apresentam sucintamente:

- Capítulo 1: o primeiro capítulo enquadra o leitor no tema e problemática abordada por esta dissertação, dando a conhecer a motivação e os objetivos da mesma.
- Capítulo 2: no segundo capítulo são descritos os conceitos base sobre o tema em questão, providenciando o leitor com os conhecimentos necessários para uma melhor compreensão dos capítulos seguintes. Assim apresentam-se os principais aspetos que definem a qualidade da energia elétrica e os seus indicadores, bem como a definição de cavas de tensão e é introduzida a classificação de equipamentos elétricos e eletrónicos por classes.
- Capítulo 3: no terceiro capítulo apresenta-se o trabalho realizado em primeira instância. São caracterizadas as instalações em que se realizou a monitorização da qualidade da energia elétrica bem como os equipamentos utilizados para tal, seguindo-se a descrição do programa desenvolvido para o processamento dos resultados obtidos, que são sequencialmente apresentados.
- Capítulo 4: no quarto capítulo é realizada a análise dos resultados obtidos no capítulo anterior. Descreve-se a abordagem seguida para a respetiva análise, e apresenta-se a mesma, relativa a entradas em serviço da UPS e a curvas de tolerância dos equipamentos.
- Capítulo 5: no quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões desta dissertação, terminando com sugestões de futuros trabalhos.

Capítulo 2

Qualidade da Energia Elétrica

Neste capítulo apresentam-se definições relacionadas com as causas de tensão e a qualidade de energia elétrica, as suas causas, os efeitos que provocam e os processos de monitorização associados, e a classificação dos equipamentos em classes. Relativamente à qualidade da energia elétrica são diferenciados os conceitos Continuidade de Serviço e Qualidade da Onda de Tensão.

2.1 Indicadores de Qualidade da Energia Elétrica

Quando se fala em Qualidade da Energia Elétrica é necessário definir o conjunto de características que avaliam a qualidade da energia elétrica. Esta avalia-se em dois aspetos: a continuidade de serviço e as características da onda de tensão.

No Manual de Procedimentos da Qualidade de Serviço (MPQS) estão definidos os seguintes indicadores relativos à continuidade de serviço[1]:

- Energia não fornecida, ENF;
- Tempo de interrupção equivalente, TIE;
- Frequência média das interrupções breves do sistema, MAIFI;
- Frequência média das interrupções longas do sistema, SAIFI;
- Duração média das interrupções longas do sistema, SAIDI;
- Tempo médio de reposição de serviço do sistema, SARI;
- Tempo de interrupção equivalente da potência instalada na rede MT, TIEPI MT;
- Energia não distribuída (rede MT), END;
- Número de interrupções, NI;
- Duração total das interrupções, DI;

Para a realização dos cálculos dos indicadores da continuidade de serviço deve-se sempre considerar todas as interrupções que afetem os pontos de entrega (PdE), de energia elétrica, do respetivo operador de rede, exceto aquelas que tenham origem em instalações de clientes sem afetar outros [1].

No que respeita às redes de transporte (RT) são utilizados os seguintes indicadores gerais de continuidade de serviço [2]:

- ENF, em Mwh;
- TIE, em minutos;
- MAIFI RT;
- SAIFI RT;
- SAIDI RT, em minutos;
- SARI RT, em minutos.

Quanto às redes de distribuição (RD), os indicadores gerais de continuidade de serviço utilizados são:

- TIEPI MT, em minutos;
- END MT, em MWh;
- MAIFI AT/MT;
- SAIFI AT/MT/BT;
- SAIDI AT/MT/BT, em minutos.

Os indicadores NI e DI são indicadores individuais de continuidade de serviço e são considerados quer nas redes de transporte quer nas redes de distribuição, devendo ser determinados pelos operadores das redes, em cada ano civil e para todos os PdE das respetivas redes.

Atualmente, com o proliferar dos componentes eletrónicos e utilização de cargas não lineares, a continuidade de serviço deixou de ser o aspeto mais preocupante no que toca à qualidade da energia elétrica (não só pela suscetibilidade das cargas mas também por uma grande melhoria em relação ao aspeto da continuidade de serviço) e observando-se uma maior preocupação com a qualidade da onda de tensão. Isto porque as cargas não lineares são mais sensíveis a alterações nas características da onda de tensão. Por outro lado, em algumas situações, para melhorar a continuidade de serviço são efetuadas alterações à configuração da rede (criação de malhas) que provocam o aumento da zona de impacto das cavas de tensão. De modo a garantir uma boa qualidade da onda de tensão é essencial manter os valores dos indicadores de qualidade dentro dos limites estabelecidos na NP EN 50160 [3]. Relativamente à qualidade da onda de tensão são indicadas na norma europeia NP EN 50160 as seguintes características para avaliação da qualidade [2]:

- Frequência;

- Variação na tensão de alimentação;
- Tremulação (*Flicker*);
- Desequilíbrio na tensão de alimentação;
- Distorção harmónica;
- Cavas de tensão e sobretensões.

2.2 Continuidade de Serviço

Antigamente, antes da prolifera utilização de componentes eletrónicos nos equipamentos, e em que a maioria das cargas era essencialmente resistiva, e por consequente mais imune a flutuações nas características da onda de tensão, o aspeto mais preponderante da qualidade da energia elétrica era a continuidade de serviço. Esta reflete-se no fornecimento de energia elétrica sem interrupções, ou seja, em que o valor da tensão não deverá ser inferior a 5% da tensão de serviço [3]. Para se caracterizar a continuidade de serviço num determinado ponto de entrega (PdE) é necessário identificar o número de interrupções de fornecimento que se verificaram nesse PdE. Assim, a continuidade de serviço será tanto melhor quanto menor o número de interrupções no PdE. Segundo o Regulamento de Qualidade de Serviço do Setor Elétrico, uma interrupção é definida "como a ausência de fornecimento de energia elétrica a uma infraestrutura de rede ou à instalação do cliente"[2]. É importante classificar as interrupções de fornecimento relativamente à sua natureza ou duração. No que à sua natureza diz respeito, as interrupções distinguem-se em dois tipos [2]:

- Previstas: são as interrupções acordadas com os clientes ou, ainda, por razões de serviço ou interesse público em que os clientes são informados com a antecedência mínima fixada no Regulamento das Relações Comerciais (RRC);
- Acidentais: todas as interrupções que não são abrangidas pelo tipo anterior.

Quanto à duração podem ser classificadas em interrupções breves (de 1 segundo a 3 minutos) e interrupções de longa duração (superior a 3 minutos) [1].

Segundo o artigo 16.º do RQS [2], as interrupções são também diferenciadas quanto à sua causa podendo ser caracterizadas em:

- Razões de interesse público: as interrupções que decorram da execução de planos nacionais de emergência energética, declarada ao abrigo de legislação específica, designadamente do planeamento civil de emergência e das crises energéticas, bem como as determinadas por entidade administrativa competente, e cuja possibilidade de ocorrência tenha tido a adequada divulgação por parte dos operadores das redes com a antecedência mínima de trinta e seis horas, cumprindo o estabelecido no RRC;

- Razões de Serviço: as interrupções que decorram da necessidade imperiosa de realizar manobras, trabalhos de ligação, reparação ou conservação da rede e cuja possibilidade de ocorrência tenha tido a adequada divulgação por parte dos operadores das redes com a antecedência mínima de trinta e seis horas, cumprindo o estabelecido no RRC;
- Fato imputável ao cliente ou acordo com o mesmo: as interrupções que decorram por acordo com o cliente e nas situações referidas no RRC;
- Outras redes ou instalações: as interrupções que tenham origem nas redes ou instalações de outros operadores, produtores ou clientes;
- Razões de segurança: as interrupções ocorridas em situações para as quais a continuidade de fornecimento ponha em casa a segurança das pessoas e bens nos termos do RRC;
- Casos fortuitos ou de força maior: as interrupções ocorridas em situações que reúnam os pressupostos estabelecidos no Artigo 7.º do RQS [2];
- Próprias: as interrupções ocorridas em situações que não sendo passíveis de serem classificadas em nenhuma das categorias anteriores, são consequentemente consideradas como imputáveis ao operador da rede em causa e, que por sua vez, poderão ser classificadas como devidas a fenómenos atmosféricos, ações naturais (animais, arvoredos, etc.), origem interna (erro de projeto ou de montagem, erro humano, etc.) ou outras causas.

2.3 Cavas de tensão

As cavas de tensão constituem um fenómeno típico e inerente à exploração de redes de energia elétrica, ocorrendo normalmente na sequência de um curto-circuito ou re-ligação de uma linha à rede. Estes eventos têm diversas causas, das quais predominam os fatores atmosféricos (intempéries, ventos, chuva, descargas atmosféricas, etc.), incêndios e defeitos de material, em geral, incluindo as próprias instalações dos clientes. As cavas de tensão mantêm-se nas redes, enquanto os defeitos elétricos que lhes deram origem nelas permaneçam, ou seja, até à eliminação desses defeitos por abertura dos disjuntores, em resultado da atuação dos sistemas de proteção [1]. As cavas de tensão são caracterizadas por uma diminuição súbita do valor da tensão de alimentação (situando-se a amplitude da tensão entre os 90% e os 5% do valor da tensão nominal declarada, U_c) entregue ao cliente pela rede, num curto intervalo de tempo (entre 10 milissegundos e 1 minutos) [3]. Para uma melhor compreensão deste fenómeno, observa-se na figura 2.1 a caracterização de uma cava de tensão.

Como se observa na figura 2.1, as cavas de tensão são caracterizadas pela profundidade ou amplitude (ΔU) e duração (ΔT), pelo que estas grandezas são usadas para a sua classificação. A duração da cava de tensão é dada pelo período de tempo decorrido entre o momento em que o valor eficaz da tensão de uma das fases se torna inferior a 90% da U_c e o instante em que volta a ser superior a esse valor nas três fases (acrescido de um valor de histerese, tipicamente de 2%). Devido ao tempo necessário para o cálculo do valor da tensão eficaz, a sua duração mínima é de 10 milissegundos e

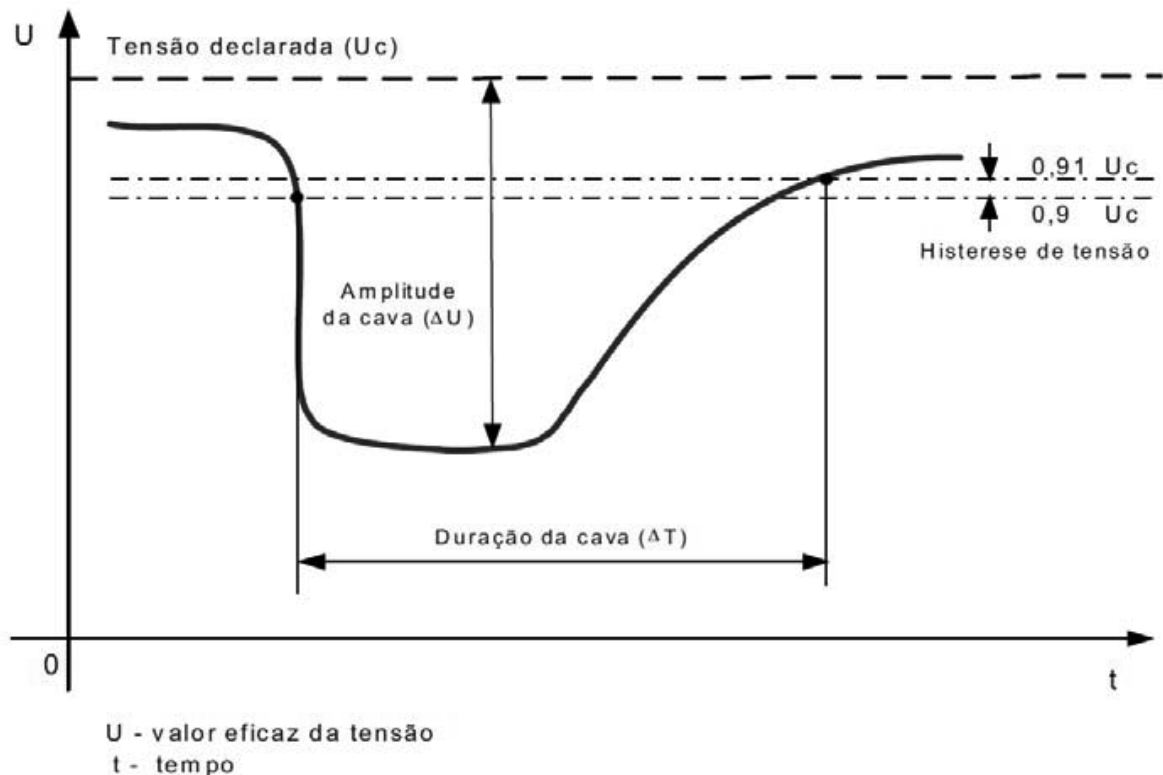


Figura 2.1: Caracterização de uma cava de tensão (extraída de [1]).

define-se com o tempo máximo de 60 segundos [3]. Relativamente à profundidade da cava de tensão, esta é dada pela diferença entre U_c e a tensão residual (menor valor da tensão eficaz registado durante ΔT).

Para a realização da análise das cavas de tensão procede-se à sua agregação polifásica e temporal. A primeira consiste em agregar numa única cava de tensão aquelas que ocorreram no mesmo instante de tempo em diferentes fases. A segunda consiste em agregar as cavas de tensão que ocorreram sequencialmente, num curto espaço de tempo (60 segundos) [3]. A agregação polifásica é realizada com o intuito de agregar cavas de tensão originadas pelo mesmo evento (por exemplo, um defeito entre duas fases pode provocar uma cava de tensão simultaneamente em duas fases, devendo neste caso agregar-se as duas cavas de tensão como uma cava de tensão bifásica). A agregação temporal tem como intuito, e num âmbito de análise mais estatística, agregar cavas de tensão sequenciais, que tenham sido originadas pelo mesmo evento (por exemplo aquando do registo de várias cavas de tensão consecutivas).

Na agregação polifásica as cavas de tensão podem ser classificadas de:

- Monofásicas: quando uma única fase é afetada pela cava de tensão;
- Bifásicas: quando a cava de tensão afeta duas fases simultaneamente;
- Trifásicas: quando a cava de tensão afeta as três fases em simultâneo.

Na agregação polifásica deve-se ter especial atenção aos defeitos evolutivos, ou seja, cavas de

tensão em diferentes fases e instantes iniciais, mas devido à sua duração, terminam no mesmo instante final. Assim, cavas de tensão em fases diferentes que iniciam em instantes de tempo diferentes mas que terminam no mesmo instante de tempo devem ser agregadas numa única cava polifásica equivalente.

2.4 Caraterização dos Equipamentos por classes

A Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) começou em 1992, com a norma IEC 61000-4-1, a criar normas relativas a testes e caraterização da imunidade dos equipamentos elétricos e eletrónicos a cavas de tensão, de modo a salvaguardar a durabilidade dos equipamentos na sequência de cavas de tensão. Em 2004 foi publicada a norma IEC 61000-4-11 *Testing and measurement techniques Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests* [4], com o objetivo de definir uma base de referencia para testar e classificar a imunidade a cavas de tensão, interrupções curtas e variações de tensão por parte dos equipamentos elétricos e eletrónicos. Criou-se assim uma norma que classifica os equipamentos elétricos e eletrónicos em classes de imunidade a cavas de tensão, fornecendo os métodos e procedimentos a adotar pelos fabricantes destes equipamentos para testar e classificar os mesmos. No que diz respeito a cavas de tensão, os equipamentos dividem-se em 4 classes: 1, 2, 3 e X. A duração e a tensão residual que define cada classe são apresentadas na tabela 2.1, sendo estes níveis de teste de alguma severidade, pretendendo-se representar a maioria das cavas de tensão que ocorrem na rede elétrica [4].

A Classe 1 aplica-se a equipamentos com pouca imunidade a cavas de tensão. Os equipamentos com esta classe de imunidade a cavas de tensão são normalmente equipamentos muito sensíveis a perturbações na rede de alimentação, e como tal devem ser salvaguardados por sistemas de alimentação autónomos (como UPS ou volantes de inércia), filtros ou dispositivos limitadores de sobretensões [4].

A Classe 2 é utilizada para equipamentos instalados em ambiente industrial. Os testes realizados a equipamentos desta classe são baseados em cavas de tensão, e outras perturbações, consideradas mais frequentes nas redes públicas [4].

A Classe 3 é a classe em que os testes são realizados com cavas de tensão de maior severidade, e como tal os equipamentos desta classe deverão ser mais imunes a cavas de tensão. Um equipamento de classe 3 deverá conseguir suportar a grande maioria das cavas de tensão que ocorrem numa rede pública sem se danificar ou degradar. É aconselhável o uso de equipamentos de classe 3 quando grande parte das cargas é alimentada por conversores, existem siderurgias na rede, grandes motores com arranque frequente e quando as cargas variam rapidamente [4].

A Classe X pode ser definida pelo fabricante ou por outras entidades, e como tal não está definida na norma IEC 61000-4-11.

De modo a criar uma melhor comunicação entre os fabricantes e os utilizadores de equipamentos elétricos e eletrónicos quanto à imunidade a cavas de tensão, a CIGRE criou um grupo de trabalho com o objetivo de melhorar a compreensão da compatibilidade entre instalações e fornecimento de energia elétrica[5]. Foi então publicada a brochura 412, *Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations*

Tabela 2.1: Tensão residual e duração a utilizar no teste de imunidade dos equipamentos a cavas de tensão. Adaptado da norma IEC 61000-4-11.

Classe	Tensão residual e duração para cavas de tensão a 50Hz				
Classe 1	a definir pelo fabricante, de acordo com os requisitos do equipamento				
Classe 2	0% em 10ms	0% em 20ms		70% em 500ms	
Classe 3	0% em 10ms	0% em 20ms	40% em 200ms	70% em 500ms	80% em 5000ms
Classe X	X	X	X	X	X

pelo grupo de trabalho conjunto C4.110 da CIGRE/CIRED/UIE em 2010 [5]. Nesta brochura definiram-se 6 classes típicas de equipamentos, cada uma associada a um nível diferente de imunidade do equipamento a cavas de tensão, definido por curvas de tolerância a cavas de tensão representadas num gráfico de tensão residual em função da duração da cava de tensão. Na brochura 412 da CIGRE são também definidos 3 tipos de cavas de tensão: as cavas de tensão tipo I (monofásicas), cavas de tensão tipo II (bifásicas) e cavas de tensão tipo III (trifásicas), sendo que cada classe contém duas curvas de tolerância diferentes: uma para cavas de tensão tipo I/II e outra para cavas de tensão tipo III. Assim torna-se simples a análise da quantidade de cavas de tensão que poderão levar o equipamento a sair de funcionamento para cada classe, ou seja, uma cava representada no gráfico que se situa abaixo da curva de tolerância poderá provocar danos ao equipamento, enquanto que todas as cavas de tensão acima da curva de tolerância deverão ser suportadas pelo equipamento sem que o seu correto funcionamento seja afetado. Deste modo, as classes de imunidade dos equipamentos a cavas de tensão definidas pela brochura 412 da CIGRE são [5]:

- Classe A: define os equipamentos com maior imunidade a cavas de tensão, incluindo imunidade a interrupções curtas. Comparativamente com as classes da IEC 61000-4-11, esta classe apresenta maior imunidade que a classe 3. Na figura 2.2 apresenta-se o gráfico com as curvas de tolerância características desta classe, para os dois grandes grupos: tipos I/II e tipo III.

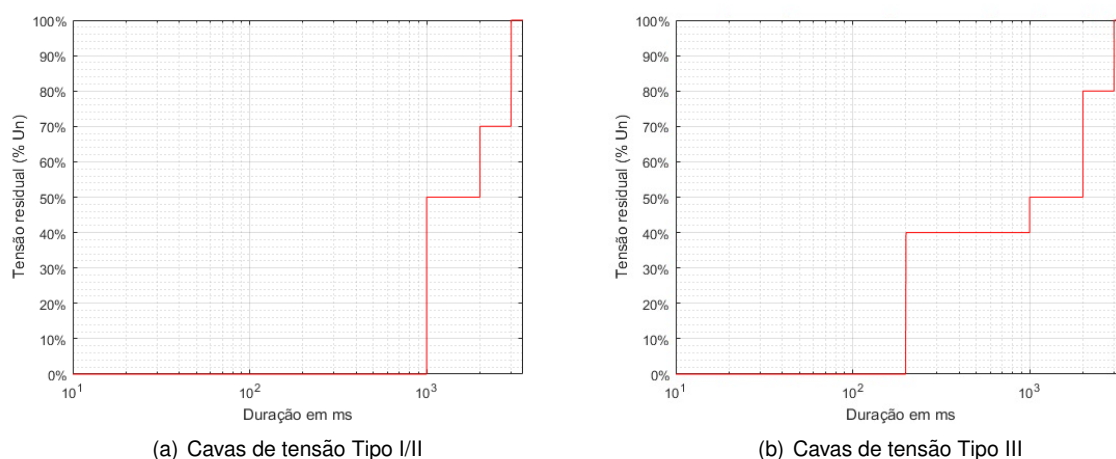
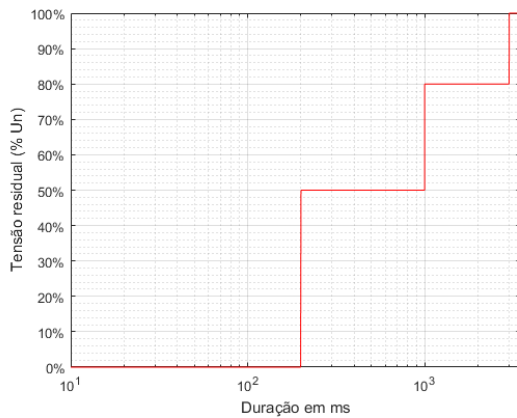
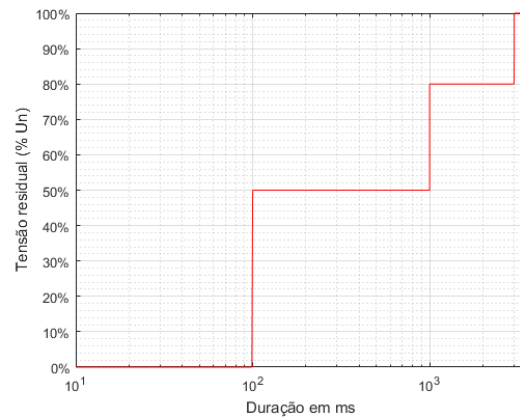


Figura 2.2: Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe A (adaptado de [5]).

- Classe B: define os equipamentos com imunidade à maioria das cavas de tensão. Esta classe é menos imune a cavas de tensão que a classe A, mas continua a ter maior imunidade que a classe 3 da IEC 61000-4-11. Na figura 2.3 apresenta-se o gráfico com as curvas de tolerância características desta classe, para os dois grandes grupos: tipos I/II e tipo III.



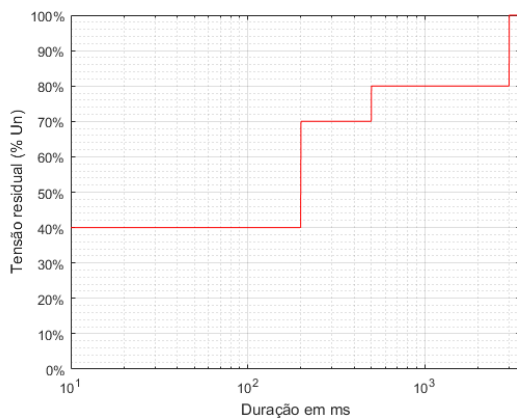
(a) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo I/II



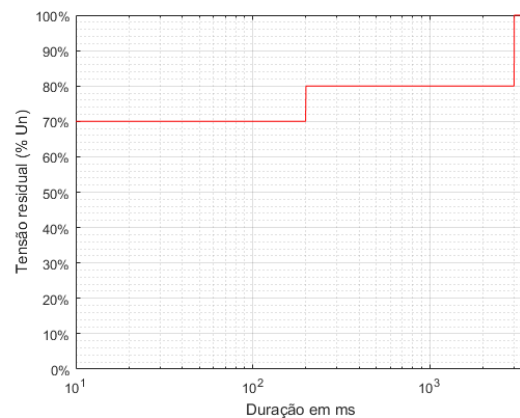
(b) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo III

Figura 2.3: Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe B (adaptado de [5]).

- Classe C1: define os equipamentos com imunidade a cavas de tensão com tensões residuais superiores a 40% da U_c para os tipos I/II e 70% da U_c para o tipo III. A curva de tolerância a cavas de tensão dos tipos I/II é baseada na classe 3 da IEC 61000-4-11, enquanto que para o tipo III é proposta uma nova curva de tolerância, com menor imunidade. Na figura 2.4 apresenta-se o gráfico com as curvas de tolerância características desta classe, para os dois grandes grupos: tipos I/II e tipo III.



(a) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo I/II

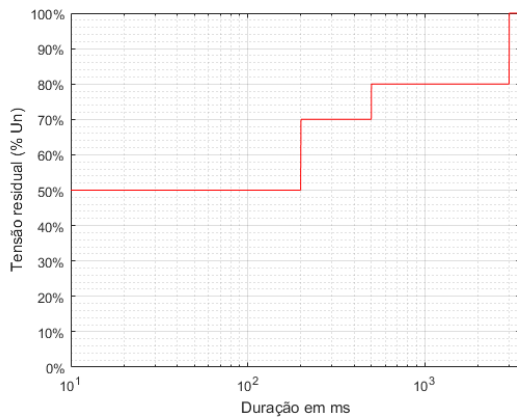


(b) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo III

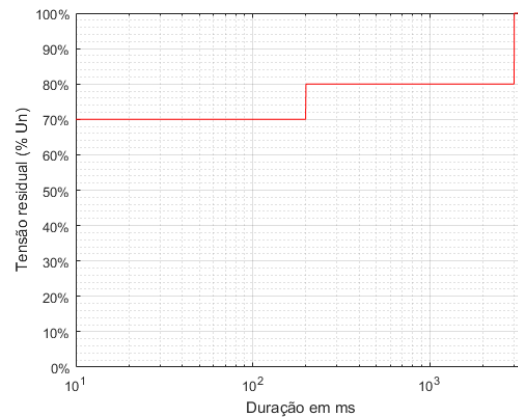
Figura 2.4: Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe C1 (adaptado de [5]).

- Classe C2: muito semelhante à classe C1, com uma ligeira diferença na curva de tolerância para cavas de tensão dos tipos I/II, de modo a ter em conta determinados níveis de tensão nominal típicos de alguns países. Esta classe é baseada nos requerimentos para cavas de tensão do

tipo I e II do SEMI F47-0706,[3], sendo que para o tipo III é igual à classe C1 [5]. Na figura 2.5 apresenta-se o gráfico com as curvas de tolerância características desta classe, para os dois grandes grupos: tipos I/II e tipo III.



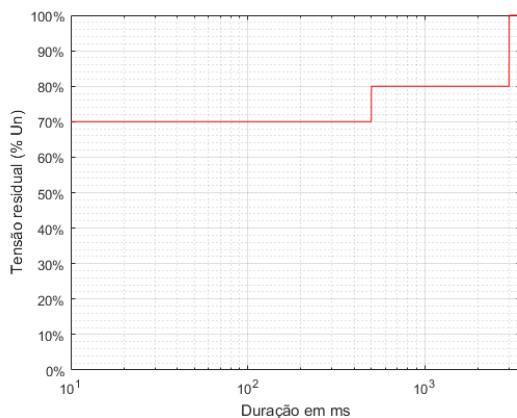
(a) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo I/II



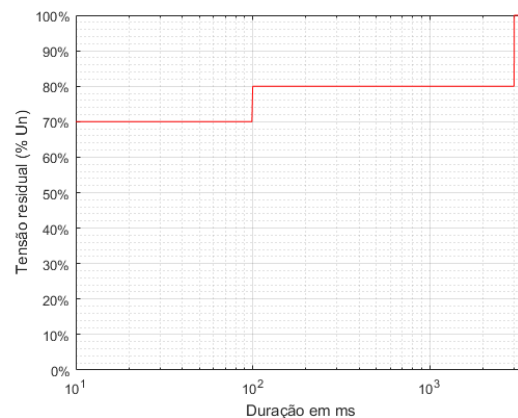
(b) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo III

Figura 2.5: Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe C2 (adaptado de [5]).

- Classe D: define equipamentos com um nível de imunidade básico. É a classe com menor imunidade a cavas de tensão. Na figura 2.6 apresenta-se o gráfico com as curvas de tolerância características desta classe, para os dois grandes grupos: tipos I/II e tipo III.



(a) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo I/II



(b) Curva de Tolerância para cavas de tensão Tipo III

Figura 2.6: Curvas de Tolerância para equipamentos de Classe D (adaptado de [5]).

- Classe E: define equipamentos em que o nível de imunidade não se enquadra em nenhuma das classes anteriores, e como tal não tem uma curva de tolerância predefinida.

Com a utilização desta classificação de equipamentos por partes dos fabricantes, os clientes ao adquirirem os equipamentos irão saber qual o comportamento esperado para cada tipo de cavas de tensão. Assim é possível prever, com base no histórico de cavas de tensão da sua região, o número de vezes que o equipamento poderá ficar fora de serviço devido a uma cava de tensão, podendo com essa informação tomar medidas corretivas/preventivas (como a instalação de UPS ou volantes de inércia por

exemplo) [6]. Com a previsão do número de cavas de tensão que ocorrem na instalação do cliente, este deverá ter em conta dois aspetos importantes na escolha da classe de imunidade do equipamento a cavas de tensão:

- Preço do equipamento: Quanto mais imune for a classe do equipamento, mais caro este será. Assim o cliente deverá sempre verificar se a diferença de preços justifica a diferença de imunidade a cavas de tensão;
- Preço de sistemas de alimentação autónomos: para equipamentos com pouca imunidade a cavas de tensão o cliente deve ter em conta a proteção do equipamento através da instalação de sistemas de alimentação autónomos como volantes de inércia, UPS, entre outros.

Como tal, o cliente deverá ter em consideração qual a opção economicamente mais viável, optando entre aumentar a imunidade do equipamento ou melhorar/instalar sistemas de alimentação autónomos, de modo a salvaguardar o correto funcionamento do equipamento na ocorrência de cavas de tensão. No entanto, poderá optar por aceitar as eventuais perdas que advêm das cavas de tensão, caso o custo de perda seja inferior ao investimento que terá de fazer.

Capítulo 3

Monitorização QCT em Estações de Radar da Força Aérea

Neste capítulo é descrito o procedimento utilizado para a realização da monitorização da qualidade da onda de tensão e da continuidade de serviço nas estações de radar da Força Aérea e são apresentados os resultados obtidos. No âmbito de uma monitorização da qualidade e continuidade da onda de tensão (QCT) destinada a analisar as entradas em serviço das UPS, apenas foram consideradas interrupções de serviço e cavas de tensão.

3.1 Instalações Monitorizadas

A monitorização da qualidade da onda de tensão e da continuidade de serviço realizada nesta dissertação incidiu sobre as três estações de radar (ER) da Força Aérea em Portugal Continental: Fóia, Paços de Ferreira e Montejunto, durante os períodos apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Períodos de Monitorização em cada ER.

ER	Data de início	Data de fim
1	23 de janeiro	17 de abril
2	16 de janeiro	13 de março
3	06 de janeiro	30 de março

Em termos de cargas as três ER são bastante semelhantes. A grande diferença entre elas está na sua localização, e como tal, nas características da rede de distribuição que fornece energia elétrica à ER (taxa de defeitos e topologia), o número e tipo de clientes a ela ligados, a vegetação envolvente, ventos, incêndios e o índice cerâmico da região. Com a existência de unidades industriais ligadas à rede de distribuição aumentam as possíveis perturbações, nomeadamente pela ocorrência de cavas de tensão aquando da comutação de equipamentos de grande potência. No entanto a origem mais frequente das cavas de tensão está relacionada com os defeitos na rede [7].

As Estações de Radar da Força Aérea são alimentadas diretamente da rede de distribuição MT (ER1 e ER2 a 15kV e ER3 a 30kV), de modo a obter uma melhor qualidade de serviço (uma vez que uma maior potência de curto-circuito significa uma menor amplitude da cava). Como tal, no posto de transformação de chegada existe um transformador de média para baixa tensão que alimenta o quadro geral de baixa tensão (QGBT) e este distribui a energia elétrica a toda a ER.

De modo a caracterizar as ER, foi efetuado o levantamento do tipo de equipamentos ligados ao QGBT. Devido à confidencialidade e sensibilidade da informação ligada nas ER não foi possível identificar especificamente os equipamentos (marca, modelo e características técnicas). Na figura 3.1 está representado o esquema de ligações do QGBT da Estação de Radar nº 3, em Montejuento, que é semelhante às restantes ER monitorizadas. Como se pode constatar, existem diversas cargas duplicadas, devido à redundância de sistemas necessária para a contínua alimentação e o correto funcionamento das cargas mais críticas. Relativamente às cargas apresentados na figura 3.1, foi possível obter a tabela 3.2, onde se resume o tipo de equipamentos ligados ao QGBT. Como é possível observar a maioria dos equipamentos são fontes de alimentação, ou seja, componentes eletrónicos de elevada sensibilidade a perturbações na onda de tensão.

Os calibres dos disjuntores instalados no QGBT constam da tabela 3.3. O disjuntor de maior calibre é de 1250A e o de menor calibre de 100A.

Tabela 3.2: Cargas ligadas ao QGBT

Posição	Designação	Tipo de Equipamento
C1	Local	Motores e Iluminação
C2	AC	Motores
C3	MW/MVX	Fontes de Alimentação
C4	ST. MON	Fontes de Alimentação e Motores
C5	N/EMP	Fontes de Alimentação
C6	GA-TX	Fontes de Alimentação
C7	Criptografia	Fontes de Alimentação
C8	Cobertura	Motores
C9	Radar	Motor e Retificadores
CR	Reversa	Vazio

Tabela 3.3: Calibre dos disjuntores do QGBT

Calibre [A]	Disjuntor
1250	CBC, CBR, CBS, Q9, Q10, Q11, Q13, Q22
1200	Q20
800	Q12, Q14
160	Q2, Q5
100	Q1, Q3, Q4, Q6, Q7, Q8, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, QR

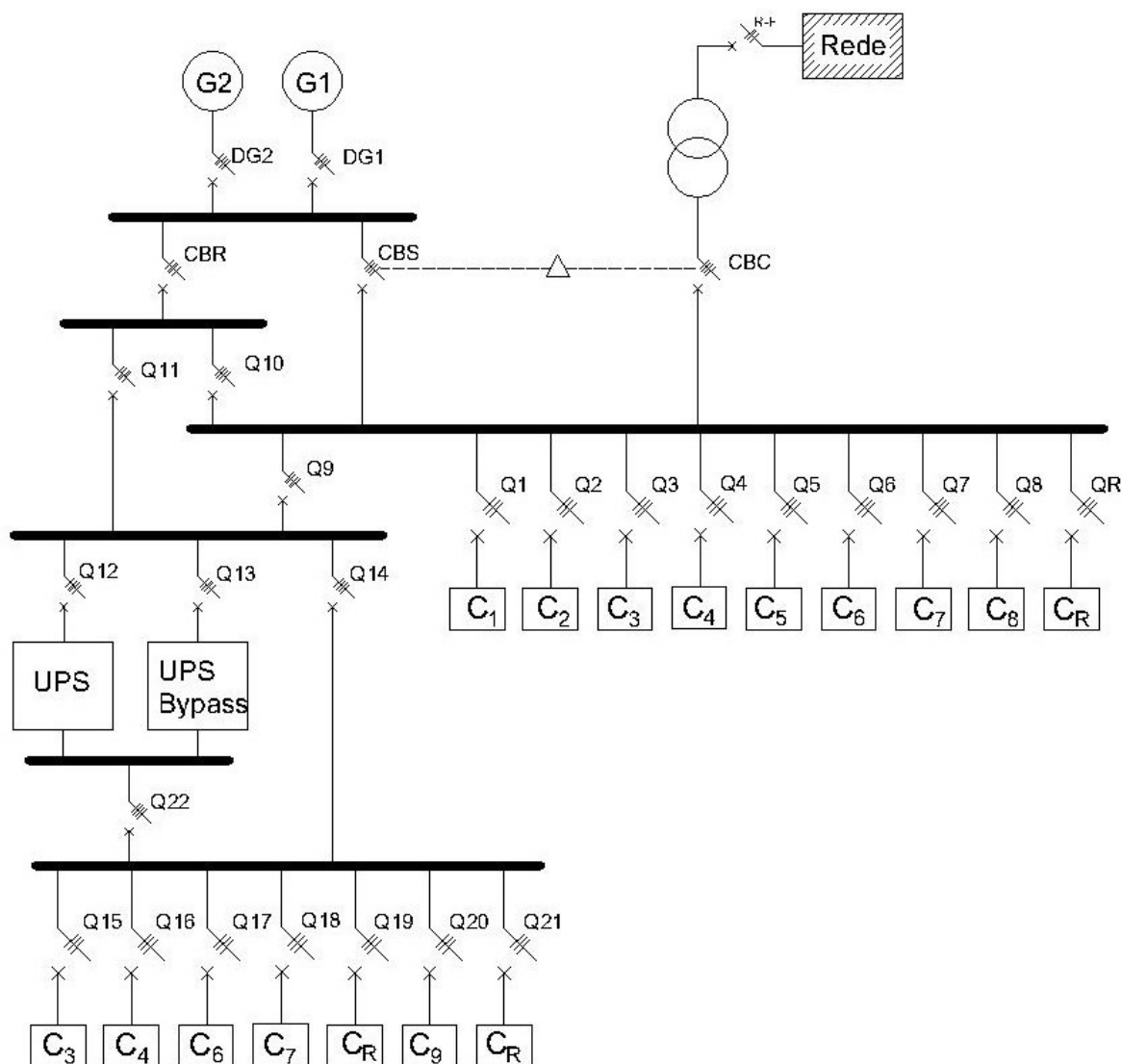


Figura 3.1: Esquema de ligações do QGBT da ER3

Para manter a continuidade do fornecimento de energia às cargas críticas, todas as ER estão equipadas com uma UPS e dois grupos geradores (GG). As UPS, instaladas em 2003, são da marca *Liebert*, com uma potência de 500 kVA. Vêm pré-configuradas de fábrica para entrar em serviço quando a tensão de entrada for 10% inferior ou superior à tensão nominal e/ou a frequência for 3% inferior ou superior a 50Hz, não sendo possível alterar estes limites.

3.2 Equipamento de monitorização QCT

Para realizar a monitorização da qualidade da onda de tensão e da continuidade de serviço foram disponibilizados pela Labelec três equipamentos *LEM MEMOBOX 300*. Estes equipamentos permitem uma contínua monitorização da onda de tensão, registrando, para as três fases, os valores médios da tensão em intervalos de 10 minutos e todos os eventos e interrupções ocorridos, disponibilizando dados

monitorização, que foram apresentados na tabela 3.1.

3.3.1 Processamento dos resultados da monitorização QCT

O equipamento de monitorização *MEMOBOX 300* cria 3 ficheiros diferentes:

- 1 Ficheiro com extensão “.30q”: este tipo de ficheiro destina-se a ser processado pelos programas *CODAM Basic* e *CODAM Plus*, permitindo a visualização de gráficos com informações sobre as características da tensão, tabelas de eventos registados, gráficos dos valores médios (em intervalos de 10 minutos, como definido nas configurações do equipamento) da tensão, entre outros, como se exemplifica nas figuras 3.3 e 3.4.

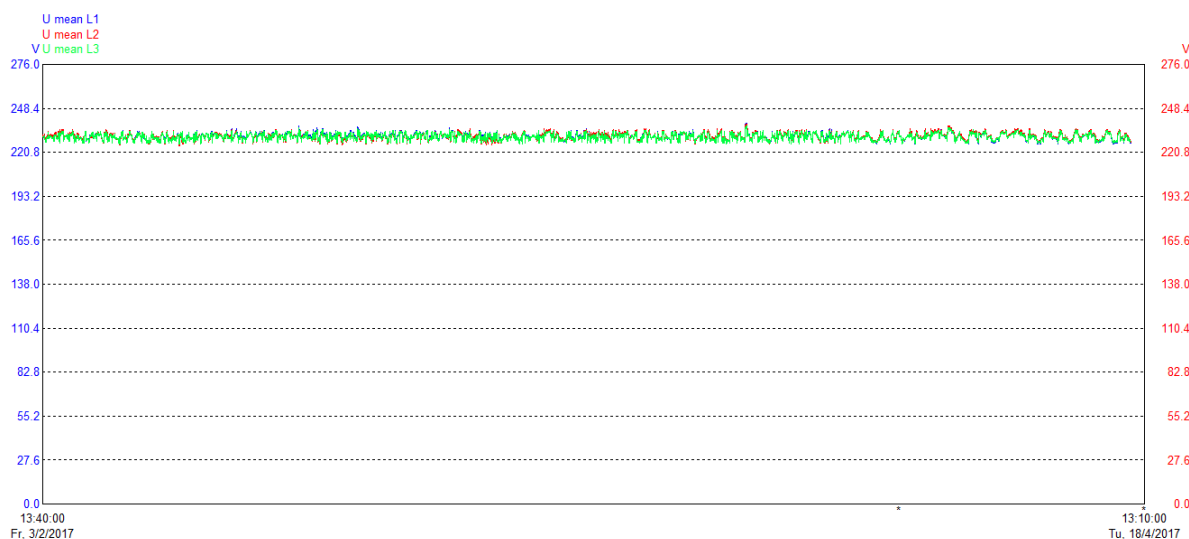


Figura 3.3: Gráfico extraído do programa CODAM PLUS, com a representação dos valores médios da tensão em intervalos de 10 minutos.

Phase L1, L2, L3	< 20 ms	20...< 100 ms	100...< 500 ms	0.5...< 1 s	1...< 3 s	3...< 20 s	20...< 60 s	>= 1 min
Surge > 10.00%								
Dip > 10.00%								
10...< 15 %	26	23	7					
15...< 30 %	4	6	1					
30...< 60 %		2	9					
60...< 99 %			3					
Interruption								3

Recording as events from -10.00 / +10.00% of the nominal voltage
Dip according to UNPEDE measurement guide

Number of surges 0
Number of Dips 81
Number of short interruptions (<3 min) 0
Number of long interruptions (>=3 min) 3
Number of interruptions 3

Figura 3.4: Imagem da tabela extraída do programa CODAM PLUS, com a representação do número de eventos ocorridos para cada valor da profundidade da cava de tensão e duração da mesma.

- 2 Ficheiros com extensão “.ASC”: estes dois ficheiros foram processados no programa *Excel*, e apresentavam dados distintos: um contém os registos das médias de 10 minutos da tensão, en-

quanto o outro contém o registo de todos os eventos (cavas de tensão e interrupções de serviço).

Com base no ficheiro ".ASC", que continha a informação sobre os eventos, procedeu-se ao processamento dos dados, pois foi necessário separar os eventos em cavas de tensão e interrupções de serviço, e separá-los por fase. Assim foram desenvolvidos dois programas em *matlab*, presentes no anexo A, de modo a transpor em tabelas e gráficos a informação contida no ficheiro ".ASC". Os dois programas desenvolvidos destinam-se ao tratamento dos dados relacionados com cavas de tensão e ao tratamento dos dados relacionados com interrupções de serviço. Para otimizar o programa, os ficheiros ".ASC", que contém informações sobre os eventos, foram manualmente editados de modo a conterem apenas os dados relativos a um tipo de evento (cavas de tensão ou interrupções de serviço) e substituídos por ficheiros ".csv", através do uso do *excel*.

- **Programa para processamento de cavas de tensão**

O programa para processamento de cavas de tensão inicia com a leitura do ficheiro ".csv", que contém as seguintes informações:

- Data;
- Hora;
- Amplitude da tensão em L1;
- Duração das cavas de tensão em L1;
- Amplitude da tensão em L2;
- Duração das cavas de tensão em L2;
- Amplitude da tensão em L3;
- Duração das cavas de tensão em L3.

Estes dados estão separados por vírgulas e como tal, quando o programa lê o ficheiro e guarda a informação no formato tabela do *matlab*, as colunas ficam desalinhadas, devido aos valores da tensão serem representados com duas casas decimais separadas por vírgula. Assim o segundo processo realizado pelo programa consiste em realinhar as colunas. Segue-se a conversão de formatos, de modo a que a data, hora e duração sejam elementos do tipo *datetime*. Tendo a tabela alinhada, o programa faz a separação por fases, obtendo assim 3 tabelas com as cavas de tensão, uma para cada fase. Segue-se a agregação polifásica, que através de uma rotina que compara a data e hora entre as tabelas, grava numa variável auxiliar o tipo de cavas de tensão em determinada posição, de modo a que no fim da rotina todas as posições das 3 tabelas estejam classificadas como monofásicas, bifásicas ou trifásicas. Com esta classificação realizada segue-se a criação de mais 3 tabelas de cavas de tensão: monofásicas, bifásicas e trifásicas. Cada linha da tabela criada contém informação apenas sobre uma das fases e como tal segue-se uma rotina de modo a agregar as fases, obtendo-se assim uma cava de tensão por cada linha da tabela, e com a informação das fases afetadas numa nova coluna. E

assim termina o tratamento das tabelas, seguindo-se posteriormente a criação de gráficos por parte do programa, em que serão criados os gráficos relativos à monitorização e à análise de resultados, nomeadamente os gráficos das cavas de tensão representadas em função da sua data de ocorrência, da sua duração, e finalmente com a introdução de curvas de tolerância.

- **Programa para processamento de interrupções de serviço**

O programa para o processamento de interrupções de serviço é menor que o anterior, devido à diferença entre os dados apresentados, pois neste caso não existe informação sobre o valor da tensão (numa interrupção esse valor é inferior a 5%), e como tal não existe desalinhamento de colunas, como acontecia no caso das cavas de tensão. Assim o programa começa por ler as informações do ficheiro ".csv", que contém a seguinte informação:

- Data;
- Hora;
- Duração em L1;
- Duração em L2;
- Duração em L3.

Após o programa ler os dados, procede a alterações relativas aos tipos de dados usados pelo *matlab* de modo a facilitar a representação da tabela. O programa termina com a criação da tabela de interrupções de serviço, ordenada por data de ocorrência da interrupção de serviço.

Com os dois programas acima descritos, procedeu-se à execução dos mesmos, para cada uma das ER, apresentando-se nas secções seguintes as tabelas e gráficos obtidos.

3.3.2 Estação de Radar nº1

Na Estação de Radar nº1, em Fóia, a monitorização QCT iniciou dia 23 de janeiro de 2017 e terminou dia 17 de abril de 2017. Embora o período estabelecido para a monitorização tivesse sido de 3 meses contínuos, tal não foi possível obter devido a problemas técnicos com o equipamento. Após a recolha de dados efetuada dia 17 de abril, o equipamento apresentava erros na transferência dos dados, não permitindo a recolha dos mesmos.

Nas tabelas 3.4, 3.5 e 3.6 observa-se o registo das cavas de tensão que ocorreram em cada fase. Podemos constatar que todos os eventos ocorridos foram de curta duração, todos na ordem de grandeza dos milissegundos. Relativamente ao número de cavas de tensão, a fase mais afetada foi a fase L3 com 30 eventos registados, sendo que a fase L1 foi a menos afetada, com 23 eventos.

Com os dados constantes nas tabelas 3.4, 3.5 e 3.6 realizou-se a agregação polifásica dos eventos, tendo-se obtido as tabelas 3.7, 3.8 e 3.9, das quais resultaram os gráficos das figuras 3.6 e 3.5, onde são apresentados os eventos, com a tensão residual das cavas de tensão em função da data de ocorrência, de modo a fazer-se uma análise relativa ao espaçamento temporal das cavas de tensão, e

em função da duração das cavas de tensão, de modo a analisar-se a severidade das cavas de tensão registadas.

Relativamente à continuidade de serviço, na Estação de Radar nº1 não foram registadas interrupções do fornecimento de energia durante o período de monitorização.

Tabela 3.4: Cavas de tensão ocorridas na fase L1 na ER1

Data e hora	Tensão		Duração
	[v]	%	[ms]
06-02-2017 06:18:22.480	162,78	70,77	60
11-02-2017 09:40:27.320	30,84	13,41	110
11-02-2017 09:40:27.440	205,95	89,54	10
24-02-2017 04:45:15.000	205,95	89,54	10
25-02-2017 06:13:29.870	204,60	88,96	10
28-02-2017 10:42:11.670	206,79	89,91	10
28-02-2017 10:42:11.710	203,97	88,68	200
01-03-2017 07:12:17.640	199,47	86,73	10
06-03-2017 08:15:13.440	203,65	88,54	10
13-03-2017 17:25:04.470	205,85	89,50	10
16-03-2017 20:19:55.390	190,27	82,73	70
16-03-2017 20:19:55.470	203,03	88,27	50
17-03-2017 10:43:17.650	203,24	88,37	30
17-03-2017 12:46:00.980	200,31	87,09	60
23-03-2017 12:27:10.610	206,69	89,87	10
24-03-2017 09:13:17.880	198,64	86,37	20
24-03-2017 09:14:27.770	183,06	79,59	20
24-03-2017 09:14:47.670	205,64	89,41	10
26-03-2017 08:03:08.500	204,80	89,04	30
26-03-2017 08:03:56.440	205,43	89,32	30
09-04-2017 09:47:07.520	195,71	85,09	50
11-04-2017 09:10:16.260	198,01	86,09	50
17-04-2017 04:41:19.500	198,64	86,37	40

Tabela 3.5: Cavas de tensão ocorridas na fase L2 na ER1

Data e hora	Tensão		Duração
	[V]	%	[ms]
25-01-2017 23:39:20.770	204,80	89,04	30
26-01-2017 00:56:43.880	201,25	87,50	50
26-01-2017 13:13:49.180	203,24	88,37	200
02-02-2017 05:57:57.840	202,92	88,23	40
11-02-2017 09:40:27.320	35,02	15,23	100
16-02-2017 22:31:37.270	197,49	85,87	110
22-02-2017 04:17:02.630	195,71	85,09	120
28-02-2017 10:42:11.670	206,79	89,91	10
28-02-2017 10:42:11.710	204,80	89,04	200
01-03-2017 07:09:54.990	200,31	87,09	10
01-03-2017 07:11:23.640	200,83	87,32	10
01-03-2017 07:11:40.440	203,55	88,50	10
01-03-2017 07:11:46.490	202,92	88,23	20
03-03-2017 06:44:32.990	197,90	86,04	70
03-03-2017 06:44:33.980	197,28	85,77	60
03-03-2017 06:44:34.080	206,48	89,77	10
03-03-2017 06:45:50.810	196,75	85,54	120
17-03-2017 12:46:00.980	197,90	86,04	70
23-03-2017 12:27:10.590	172,40	74,96	60
24-03-2017 09:12:47.900	200,31	87,09	10
24-03-2017 09:13:17.890	191,63	83,32	10
24-03-2017 09:14:27.780	187,87	81,68	10
26-03-2017 08:03:08.490	196,02	85,23	40
26-03-2017 08:03:08.540	201,77	87,73	30
26-03-2017 08:03:08.600	205,95	89,54	10
26-03-2017 08:03:09.400	197,28	85,77	130
26-03-2017 08:03:56.430	198,95	86,50	90
09-04-2017 09:47:07.490	123,57	53,73	80

Tabela 3.6: Cavas de tensão ocorridas na fase L3 na ER1

Data e hora	Tensão		Duração
	[V]	%	[ms]
26-01-2017 13:13:49.170	189,44	82,37	210
02-02-2017 05:57:57.830	146,89	63,87	120
06-02-2017 06:18:22.500	205,75	89,46	20
06-02-2017 06:18:22.530	203,86	88,63	10
11-02-2017 09:40:27.310	36,90	16,04	120
16-02-2017 22:31:37.270	141,35	61,46	120
22-02-2017 04:17:02.620	138,42	60,18	130
24-02-2017 15:59:44.210	206,27	89,68	10
28-02-2017 10:42:11.810	205,85	89,50	30
28-02-2017 10:42:11.860	206,27	89,68	30
01-03-2017 07:10:52.430	195,40	84,96	10
01-03-2017 07:11:03.210	204,60	88,96	10
01-03-2017 07:11:46.500	201,77	87,73	10
03-03-2017 06:44:32.990	143,23	62,27	130
03-03-2017 06:44:33.980	138,42	60,18	120
03-03-2017 06:45:50.800	139,25	60,54	130
08-03-2017 04:12:50.680	201,46	87,59	10
16-03-2017 20:19:55.400	200,00	86,96	60
17-03-2017 12:46:00.970	121,90	53,00	80
23-03-2017 12:27:10.590	162,25	70,54	60
24-03-2017 09:13:17.890	199,37	86,68	10
24-03-2017 09:13:37.830	201,46	87,59	10
24-03-2017 09:13:57.760	205,95	89,54	10
24-03-2017 09:14:27.780	188,39	81,91	10
24-03-2017 09:14:37.680	203,55	88,50	10
24-03-2017 09:14:47.670	198,11	86,13	10
26-03-2017 08:03:08.480	138,31	60,13	130
26-03-2017 08:03:09.400	135,80	59,04	130
26-03-2017 08:03:56.420	133,50	58,04	120
09-04-2017 09:47:07.500	191,84	83,41	60

Tabela 3.7: Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER1

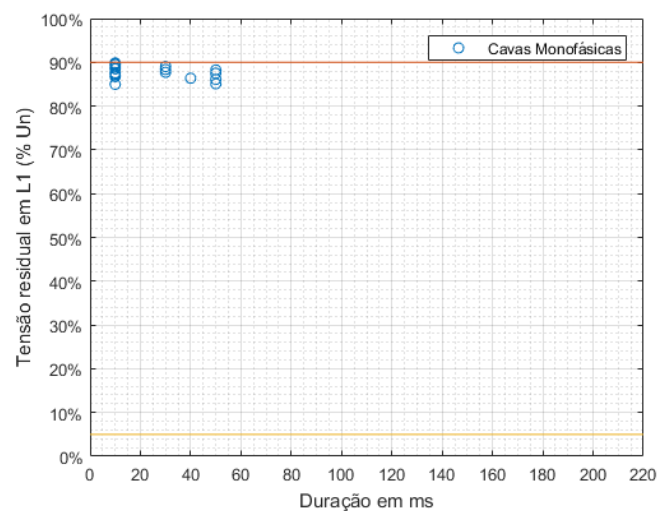
Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
25-01-2017 23:39:20.770	204,80	89,04	30	L2
26-01-2017 00:56:43.880	201,25	87,50	50	L2
11-02-2017 09:40:27.440	205,95	89,54	10	L1
24-02-2017 04:45:15.000	205,95	89,54	10	L1
24-02-2017 15:59:44.210	206,27	89,68	10	L3
25-02-2017 06:13:29.870	204,60	88,96	10	L1
01-03-2017 07:09:54.990	200,31	87,09	10	L2
01-03-2017 07:10:52.430	195,40	84,96	10	L3
01-03-2017 07:11:03.210	204,60	88,96	10	L3
01-03-2017 07:11:23.640	200,83	87,32	10	L2
01-03-2017 07:11:40.440	203,55	88,50	10	L2
01-03-2017 07:12:17.640	199,47	86,73	10	L1
03-03-2017 06:44:34.080	206,48	89,77	10	L2
06-03-2017 08:15:13.440	203,65	88,54	10	L1
08-03-2017 04:12:50.680	201,46	87,59	10	L3
13-03-2017 17:25:04.470	205,85	89,50	10	L1
16-03-2017 20:19:55.470	203,03	88,27	50	L1
17-03-2017 10:43:17.650	203,24	88,37	30	L1
23-03-2017 12:27:10.610	206,69	89,87	10	L1
24-03-2017 09:12:47.900	200,31	87,09	10	L2
24-03-2017 09:13:37.830	201,46	87,59	10	L3
24-03-2017 09:13:57.760	205,95	89,54	10	L3
24-03-2017 09:14:37.680	203,55	88,50	10	L3
26-03-2017 08:03:08.540	201,77	87,73	30	L2
26-03-2017 08:03:08.600	205,95	89,54	10	L2
09-04-2017 09:47:07.520	195,71	85,09	50	L1
11-04-2017 09:10:16.260	198,01	86,09	50	L1
17-04-2017 04:41:19.500	198,64	86,37	40	L1

Tabela 3.8: Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER1

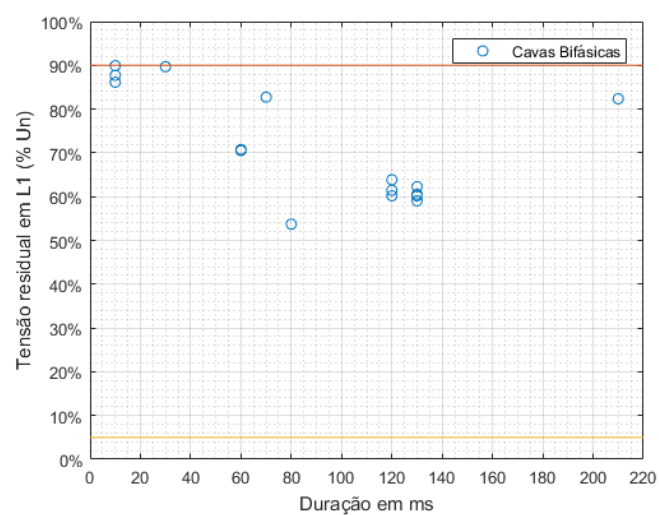
Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
26-01-2017 13:13:49.170	189,44	82,37	210	L3L2
02-02-2017 05:57:57.830	146,89	63,87	120	L3L2
06-02-2017 06:18:22.480	162,78	70,77	60	L1L3
16-02-2017 22:31:37.270	141,35	61,46	120	L2L3
22-02-2017 04:17:02.620	138,42	60,18	130	L3L2
28-02-2017 10:42:11.670	206,79	89,91	10	L1L2
28-02-2017 10:42:11.860	206,27	89,68	30	L3
01-03-2017 07:11:46.500	201,77	87,73	10	L2L3
03-03-2017 06:44:32.990	143,23	62,27	130	L2L3
03-03-2017 06:44:33.980	138,42	60,18	120	L2L3
03-03-2017 06:45:50.800	139,25	60,54	130	L3L2
16-03-2017 20:19:55.390	190,27	82,73	70	L1L3
23-03-2017 12:27:10.590	162,25	70,54	60	L2L3
24-03-2017 09:14:47.670	198,11	86,13	10	L1L3
26-03-2017 08:03:09.400	135,80	59,04	130	L2L3
09-04-2017 09:47:07.490	123,57	53,73	80	L2L3

Tabela 3.9: Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER1

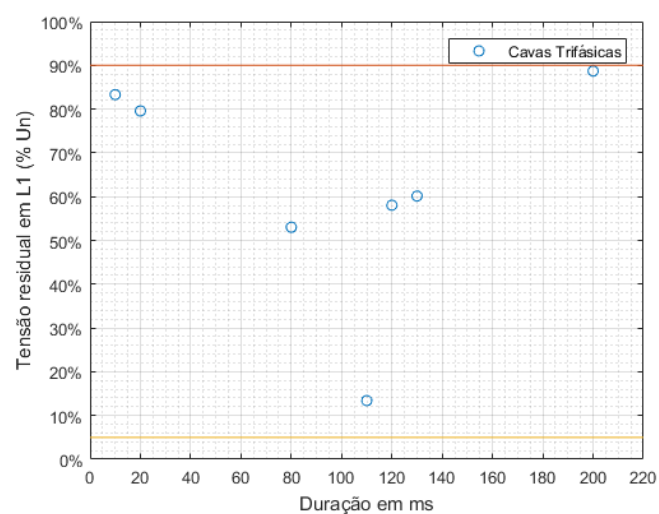
Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
11-02-2017 09:40:27.320	30,84	13,41	110	L3L1L2
28-02-2017 10:42:11.710	203,97	88,68	200	L1L2L3
17-03-2017 12:46:00.970	121,90	53,00	80	L3L1L2
24-03-2017 09:13:17.890	191,63	83,32	10	L1L2L3
24-03-2017 09:14:27.770	183,06	79,59	20	L1L2L3
26-03-2017 08:03:08.480	138,31	60,13	130	L3L2L1
26-03-2017 08:03:56.420	133,50	58,04	120	L3L2L1



(a) Cavas Monofásicas



(b) Cavas Bifásicas



(c) Cavas Trifásicas

Figura 3.5: Cavas de tensão registradas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017. Sua caracterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.

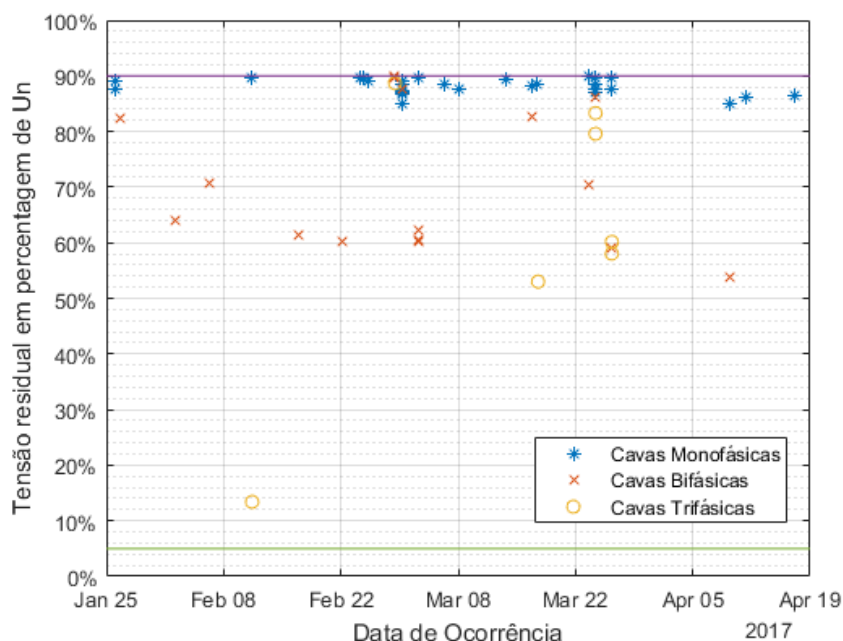


Figura 3.6: Registo temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER1, após agregação polifásica.

3.3.3 Estação de Radar nº2

Na Estação de Radar nº2, em Paços de Ferreira, a monitorização QCT iniciou dia 16 de janeiro de 2017 e terminou dia 13 de março de 2017. Embora o período estabelecido para a monitorização tivesse sido de 3 meses contínuos, tal não foi possível obter devido a problemas técnicos com o equipamento. Após a recolha de dados efetuada dia 13 de março, o equipamento apresentava erros na transferência dos registos, não permitindo a sua recolha.

Na recolha de dados, devido a incompatibilidades técnicas, não foi possível neste local proceder à recolha de dados com o equipamento instalado, tendo sido necessário desinstalá-lo da rede e ligá-lo ao computador para realizar a extração de dados. Como tal foi necessário proceder ao tratamento dos dados de modo a eliminar as ocorrências provocadas pelo procedimento de recolha de dados, que ocorreu semanalmente. Este procedimento levou a que entre os dias 27 de fevereiro e 6 de março, devido a erros na montagem do equipamento após a recolha dos dados, não tivessem sido registados os dados da monitorização QCT.

Nas tabelas 3.10, 3.11 e 3.12 pode-se analisar o registo das cavas de tensão que ocorreram em cada fase. Podemos constatar que todos os eventos ocorridos foram de curta duração, na ordem de grandeza dos milissegundos. Relativamente ao número de cavas de tensão, a fase mais afetada foi a L3 com 44 eventos registados, sendo que a fase L1 foi a menos afetada, com 29 eventos.

Com os dados constantes nas tabelas 3.10, 3.11 e 3.12 realizou-se a agregação polifásica dos eventos, tendo-se obtido as tabelas 3.13, 3.14 e 3.15, das quais resultaram os gráficos das figuras 3.7 e 3.8, onde são apresentados os eventos, com a tensão residual das cavas de tensão em função da data de ocorrência, de modo a fazer-se uma análise relativa ao espaçamento temporal das cavas de

tensão, e em função da duração das cavas de tensão, de modo a analisar-se a severidade das cavas de tensão registadas.

No que à continuidade de serviço diz respeito, na estação de Radar nº2 não foram registadas interrupções do fornecimento de energia durante o período de monitorização.

Tabela 3.10: Cavas de tensão ocorridas na fase L1 na ER2

Data e hora	Tensão		Duração [ms]
	[V]	%	
01-02-2017 22:50:44.030	190,59	82,87	80
01-02-2017 22:50:44.520	189,75	82,50	80
01-02-2017 22:51:21.400	189,75	82,50	80
02-02-2017 08:35:12.930	153,58	66,77	90
02-02-2017 11:00:31.680	201,35	87,54	60
02-02-2017 11:36:42.060	201,15	87,46	50
02-02-2017 11:41:23.850	199,47	86,73	60
02-02-2017 12:21:30.730	198,85	86,46	20
02-02-2017 20:39:02.850	165,60	72,00	80
03-02-2017 02:24:28.780	204,28	88,82	20
03-02-2017 02:45:58.200	156,82	68,18	80
03-02-2017 02:46:04.810	156,92	68,23	80
03-02-2017 02:46:05.600	156,92	68,23	90
03-02-2017 02:46:34.450	156,92	68,23	90
03-02-2017 03:55:54.120	206,79	89,91	10
03-02-2017 04:00:44.360	188,91	82,13	60
03-02-2017 04:01:32.120	188,29	81,87	50
03-02-2017 05:05:49.110	196,44	85,41	170
04-02-2017 02:21:41.150	197,90	86,04	70
05-02-2017 02:47:49.560	177,10	77,00	90
05-02-2017 04:17:36.770	121,38	52,77	70
05-02-2017 04:17:37.210	205,95	89,54	10
12-03-2017 11:50:28.130	200,83	87,32	10
12-03-2017 11:50:28.150	206,58	89,82	10
12-03-2017 13:28:35.390	194,35	84,50	10
12-03-2017 13:28:35.410	201,25	87,50	10
12-03-2017 13:28:35.430	205,54	89,37	10
12-03-2017 16:43:57.410	203,34	88,41	10
12-03-2017 16:43:57.430	206,79	89,91	10

Tabela 3.11: Cavas de tensão ocorridas na fase L2 na ER2

Data e hora	Tensão		Duração [ms]
	[v]	%	
02-02-2017 08:35:12.940	187,66	81,59	60
02-02-2017 08:35:13.010	199,79	86,87	10
02-02-2017 08:35:13.030	204,70	89,00	10
02-02-2017 08:40:40.390	189,23	82,27	10
02-02-2017 08:40:40.410	194,98	84,77	10
02-02-2017 08:40:40.430	200,94	87,37	10
02-02-2017 08:40:40.450	204,70	89,00	10
02-02-2017 11:00:31.680	199,79	86,87	60
02-02-2017 11:36:42.050	198,32	86,23	70
02-02-2017 11:41:23.850	198,64	86,37	60
02-02-2017 12:21:30.660	196,65	85,50	100
03-02-2017 02:40:28.250	203,86	88,63	10
03-02-2017 03:55:54.040	204,70	89,00	120
03-02-2017 04:00:44.370	188,60	82,00	60
03-02-2017 04:01:32.120	191,11	83,09	50
03-02-2017 05:05:49.090	192,57	83,73	190
03-02-2017 16:30:47.490	206,48	89,77	10
04-02-2017 02:21:41.150	194,14	84,41	80
05-02-2017 02:47:49.560	95,03	41,32	90
05-02-2017 02:47:49.660	203,45	88,46	10
05-02-2017 04:17:36.780	122,21	53,13	60
05-02-2017 04:17:37.210	200,31	87,09	10
05-02-2017 04:17:37.230	203,76	88,59	10
08-02-2017 11:54:32.500	184,10	80,04	20
08-02-2017 22:07:58.110	205,54	89,37	10
25-02-2017 06:13:54.580	198,22	86,18	50
12-03-2017 11:49:18.510	154,83	67,32	160
12-03-2017 11:50:28.130	189,96	82,59	60
12-03-2017 12:59:52.310	153,79	66,87	150
12-03-2017 13:28:13.470	158,28	68,82	160
12-03-2017 16:27:13.920	156,09	67,87	160
12-03-2017 16:28:26.070	204,70	89,00	10
12-03-2017 16:43:32.130	155,88	67,77	150

Tabela 3.12: Cavas de tensão ocorridas na fase L3 na ER2

Data e hora	Tensão		Duração [ms]
	[V]	%	
02-02-2017 08:35:12.930	144,06	62,63	90
02-02-2017 08:40:40.390	189,65	82,46	10
02-02-2017 08:40:40.410	195,71	85,09	10
02-02-2017 08:40:40.430	201,04	87,41	10
02-02-2017 08:40:40.450	205,54	89,37	10
02-02-2017 11:00:31.680	200,94	87,37	60
02-02-2017 11:08:10.960	196,02	85,23	60
02-02-2017 11:36:42.060	201,77	87,73	50
02-02-2017 11:41:23.850	199,58	86,77	60
02-02-2017 12:21:30.660	195,50	85,00	90
02-02-2017 20:39:02.850	171,14	74,41	80
03-02-2017 02:40:28.250	183,90	79,96	10
03-02-2017 02:40:28.270	194,87	84,73	10
03-02-2017 02:40:28.290	201,25	87,50	10
03-02-2017 02:45:58.200	167,69	72,91	70
03-02-2017 02:46:04.800	167,48	72,82	80
03-02-2017 02:46:05.590	168,00	73,04	90
03-02-2017 02:46:34.440	167,69	72,91	90
03-02-2017 03:55:54.100	206,06	89,59	30
03-02-2017 03:55:54.150	206,27	89,68	10
03-02-2017 04:00:44.370	188,70	82,04	60
03-02-2017 04:01:32.120	190,59	82,87	50
03-02-2017 05:05:49.100	194,66	84,63	170
04-02-2017 00:41:05.750	204,28	88,82	30
04-02-2017 02:21:41.150	196,23	85,32	70
05-02-2017 02:47:49.560	83,22	36,18	90
05-02-2017 02:47:49.660	201,56	87,63	10
05-02-2017 04:17:36.770	118,76	51,63	70
05-02-2017 04:17:37.210	182,22	79,23	10
05-02-2017 04:17:37.230	191,53	83,27	10
05-02-2017 04:17:37.250	200,73	87,27	10
05-02-2017 04:17:37.270	206,37	89,73	10
08-02-2017 22:07:58.110	195,81	85,13	10
08-02-2017 22:07:58.130	202,71	88,13	10

Tabela 3.12: Cavas de tensão ocorridas na fase L3 na ER2, continuação.

Data e hora	Tensão		Duração [ms]
	[V]	%	
12-03-2017 11:49:18.520	192,26	83,59	160
12-03-2017 11:50:28.130	204,39	88,87	20
12-03-2017 12:59:52.310	192,78	83,82	150
12-03-2017 13:28:13.470	192,99	83,91	160
12-03-2017 13:28:35.390	202,82	88,18	10
12-03-2017 13:28:35.410	206,37	89,73	10
12-03-2017 16:27:13.930	192,78	83,82	160
12-03-2017 16:43:32.130	192,78	83,82	150
12-03-2017 16:43:57.410	201,35	87,54	10
12-03-2017 16:43:57.430	204,80	89,04	10

Tabela 3.13: Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER2

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[v]	%		
01-02-2017 22:50:44.030	190,59	82,87	80,00	L1
01-02-2017 22:50:44.520	189,75	82,50	80,00	L1
01-02-2017 22:51:21.400	189,75	82,50	80,00	L1
02-02-2017 08:35:13.030	204,70	89,00	10,00	L2
02-02-2017 11:08:10.960	196,02	85,23	60,00	L3
02-02-2017 12:21:30.730	198,85	86,46	20,00	L1
03-02-2017 02:24:28.780	204,28	88,82	20,00	L1
03-02-2017 02:40:28.270	194,87	84,73	10,00	L3
03-02-2017 02:40:28.290	201,25	87,50	10,00	L3
03-02-2017 03:55:54.120	206,79	89,91	10,00	L1
03-02-2017 05:05:49.110	196,44	85,41	170,00	L1
03-02-2017 16:30:47.490	206,48	89,77	10,00	L2
04-02-2017 00:41:05.750	204,28	88,82	30,00	L3
05-02-2017 04:17:37.250	200,73	87,27	10,00	L3
05-02-2017 04:17:37.270	206,37	89,73	10,00	L3
08-02-2017 11:54:32.500	184,10	80,04	20,00	L2
08-02-2017 22:07:58.130	202,71	88,13	10,00	L3
25-02-2017 06:13:54.580	198,22	86,18	50,00	L2
12-03-2017 11:50:28.150	206,58	89,82	10,00	L1
12-03-2017 13:28:35.430	205,54	89,37	10,00	L1
12-03-2017 16:28:26.070	204,70	89,00	10,00	L2

Tabela 3.14: Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER2

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
02-02-2017 08:40:40.390	189,23	82,27	10	L2L3
02-02-2017 08:40:40.410	194,98	84,77	10	L2L3
02-02-2017 08:40:40.430	200,94	87,37	10	L2L3
02-02-2017 08:40:40.450	204,70	89,00	10	L2L3
02-02-2017 12:21:30.660	195,50	85,00	90	L2L3
02-02-2017 20:39:02.850	165,60	72,00	80	L1L3
03-02-2017 02:40:28.250	183,90	79,96	10	L2L3
03-02-2017 02:45:58.200	156,82	68,18	80	L1L3
03-02-2017 02:46:04.810	156,92	68,23	80	L3L1
03-02-2017 02:46:05.600	156,92	68,23	90	L3L1
03-02-2017 02:46:34.450	156,92	68,23	90	L3L1
03-02-2017 03:55:54.040	204,70	89,00	120	L2L3
03-02-2017 05:05:49.090	192,57	83,73	190	L2L3
05-02-2017 02:47:49.660	201,56	87,63	10	L2L3
05-02-2017 04:17:37.230	191,53	83,27	10	L2L3
08-02-2017 22:07:58.110	195,81	85,13	10	L2L3
12-03-2017 11:49:18.510	154,83	67,32	160	L2L3
12-03-2017 12:59:52.310	153,79	66,87	150	L2L3
12-03-2017 13:28:13.470	158,28	68,82	160	L2L3
12-03-2017 13:28:35.390	194,35	84,50	10	L1L3
12-03-2017 13:28:35.410	201,25	87,50	10	L1L3
12-03-2017 16:27:13.920	156,09	67,87	160	L2L3
12-03-2017 16:43:32.130	155,88	67,77	150	L2L3
12-03-2017 16:43:57.410	201,35	87,54	10	L1L3
12-03-2017 16:43:57.430	204,80	89,04	10	L1L3

Tabela 3.15: Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER2

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
02-02-2017 08:35:12.930	144,06	62,63	90	L1L3L2
02-02-2017 08:35:13.010	199,79	86,87	10	L2
02-02-2017 11:00:31.680	199,79	86,87	60	L1L2L3
02-02-2017 11:36:42.050	198,32	86,23	70	L2L1L3
02-02-2017 11:41:23.850	198,64	86,37	60	L1L2L3
03-02-2017 04:00:44.370	188,60	82,00	60	L1L2L3
03-02-2017 04:01:32.120	188,29	81,87	50	L1L2L3
04-02-2017 02:21:41.150	194,14	84,41	80	L1L2L3
05-02-2017 02:47:49.560	83,22	36,18	90	L1L2L3
05-02-2017 04:17:36.770	118,76	51,63	70	L1L3L2
05-02-2017 04:17:37.210	182,22	79,23	10	L1L2L3
12-03-2017 11:50:28.130	189,96	82,59	60	L1L2L3

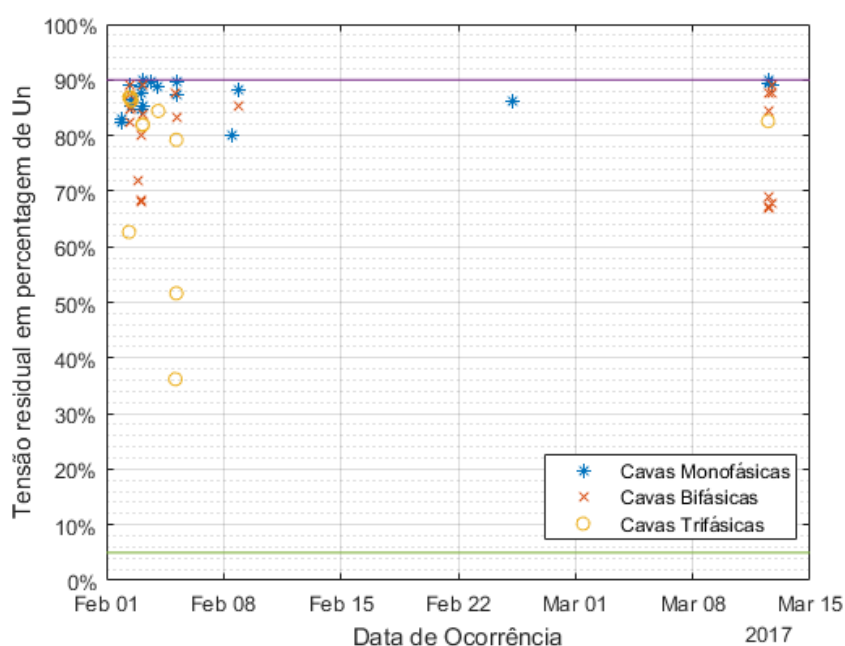
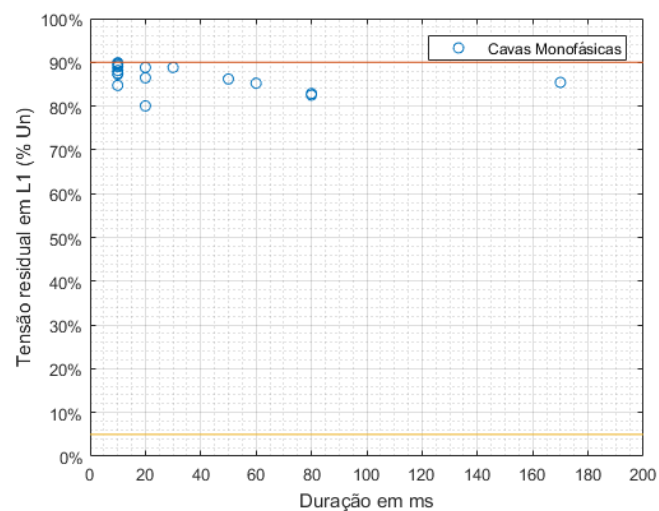
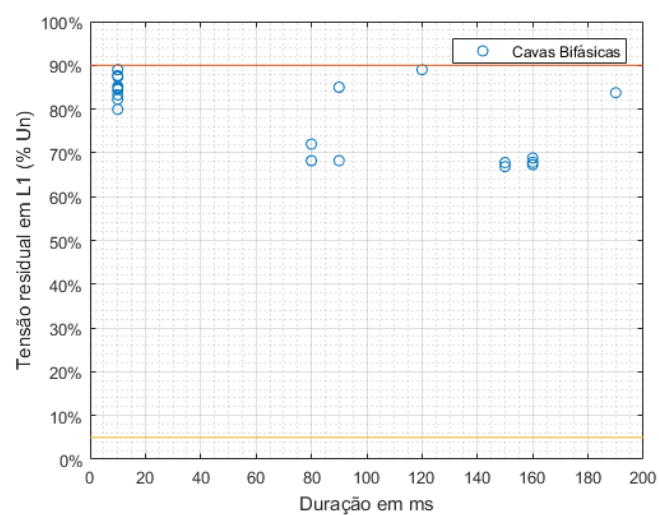


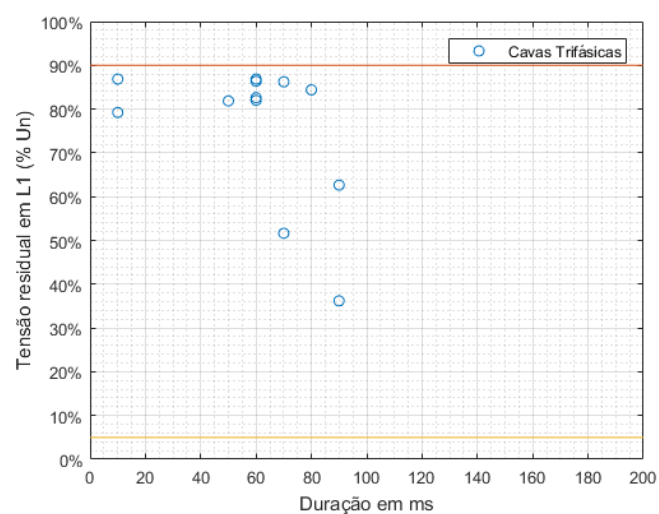
Figura 3.7: Registo temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER2, após agregação polifásica.



(a) Cavas Monofásicas



(b) Cavas Bifásicas



(c) Cavas Trifásicas

Figura 3.8: Cavas de tensão registradas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017. Sua caracterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.

3.3.4 Estação de Radar nº3

Na Estação de Radar nº3, em Montejunto, a monitorização QCT iniciou dia 6 de janeiro de 2017 e terminou dia 30 de março de 2017, perfazendo um período de aproximadamente 3 meses. Na recolha de dados, devido a incompatibilidades técnicas, não foi possível neste local proceder à recolha de dados com o equipamento instalado, tendo sido necessário desinstalá-lo da rede e ligá-lo ao computador para realizar a extração de dados. Como tal foi necessário proceder ao tratamento dos dados de modo a eliminar as ocorrências causadas pelo procedimento de recolha de dados, que ocorreu semanalmente.

Nas tabelas 3.16, 3.17 e 3.18 pode-se analisar o registo das cavas de tensão que ocorreram em cada fase. Podemos constatar que todos os eventos ocorridos foram de curta duração, na ordem de grandeza dos milissegundos. Relativamente ao número de cavas de tensão, a fase mais afetada foi a L2 com 14 eventos registados, sendo que a fase L3 foi a menos afetada, com 6 eventos.

Com os dados constantes nas tabelas 3.16, 3.17 e 3.18 realizou-se a agregação polifásica dos eventos, tendo-se obtido as tabelas 3.19, 3.20 e 3.21, das quais resultaram os gráficos das figuras 3.9 e 3.10, onde são apresentados os eventos, com a tensão residual das cavas de tensão em função da data de ocorrência, de modo a fazer-se uma análise relativa ao espaçamento temporal das cavas de tensão, e em função da duração das cavas de tensão, de modo a analisar-se a severidade das cavas de tensão registadas.

Tabela 3.16: Cavas de tensão ocorridas na fase L1 na ER3

Data e hora	Tensão		Duração [ms]
	[V]	%	
10-01-2017 11:02:44.040	194,56	84,59	10
10-01-2017 11:02:45.270	198,32	86,23	10
10-01-2017 11:02:46.360	202,61	88,09	10
14-01-2017 08:42:28.090	200,83	87,32	10
26-01-2017 00:38:26.220	182,33	79,27	60
26-01-2017 01:55:49.410	177,31	77,09	60
26-01-2017 18:38:39.550	204,70	89,00	10
02-02-2017 08:34:53.210	205,85	89,50	20
05-03-2017 01:34:35.500	203,03	88,27	80
17-03-2017 05:02:46.340	200,52	87,18	90

Tabela 3.17: Cavas de tensão ocorridas na fase L2 na ER3

Data e hora	Tensão		Duração [ms]
	[v]	%	
10-01-2017 11:02:44.040	194,56	84,59	10
10-01-2017 11:02:45.270	201,77	87,73	10
14-01-2017 08:42:28.050	165,08	71,77	10
14-01-2017 08:42:28.070	191,95	83,46	10
14-01-2017 08:42:28.090	204,70	89,00	10
26-01-2017 00:38:26.220	191,21	83,13	60
26-01-2017 01:55:49.410	187,24	81,41	60
24-02-2017 05:44:03.370	190,90	83,00	40
05-03-2017 01:34:35.560	205,12	89,18	20
11-03-2017 02:54:44.240	168,11	73,09	70
22-03-2017 21:27:00.080	203,55	88,50	40
30-03-2017 02:50:40.450	163,93	71,27	70
30-03-2017 05:02:22.060	162,78	70,77	70

Tabela 3.18: Cavas de tensão ocorridas na fase L3 na ER3

Data e hora	Tensão		Duração [ms]
	[v]	%	
14-01-2017 08:42:28.050	193,30	84,04	10
24-02-2017 05:44:03.370	197,90	86,04	50
05-03-2017 01:34:35.560	206,37	89,73	20
11-03-2017 02:54:44.240	170,51	74,13	70
30-03-2017 02:50:40.450	166,54	72,41	70
30-03-2017 05:02:22.060	165,91	72,13	70

Tabela 3.19: Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER3

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[v]	%		
10-01-2017 11:02:46.360	202,61	88,09	10	L1
14-01-2017 08:42:28.070	191,95	83,46	10	L2
26-01-2017 18:38:39.550	204,70	89,00	10	L1
02-02-2017 08:34:53.210	205,85	89,50	20	L1
17-03-2017 05:02:46.340	200,52	87,18	90	L1
22-03-2017 21:27:00.080	203,55	88,50	40	L2

Tabela 3.20: Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER3

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
10-01-2017 11:02:44.040	194,56	84,59	10	L1L2
10-01-2017 11:02:45.270	198,32	86,23	10	L1L2
14-01-2017 08:42:28.050	165,08	71,77	10	L2L3
14-01-2017 08:42:28.090	200,83	87,32	10	L1L2
26-01-2017 00:38:26.220	182,33	79,27	60	L1L2
26-01-2017 01:55:49.410	177,31	77,09	60	L1L2
24-02-2017 05:44:03.370	190,90	83,00	40	L2L3
11-03-2017 02:54:44.240	168,11	73,09	70	L2L3
30-03-2017 02:50:40.450	163,93	71,27	70	L2L3
30-03-2017 05:02:22.060	162,78	70,77	70	L2L3

Tabela 3.21: Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER3

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
05-03-2017 01:34:35.500	203,03	80		L1L2L3

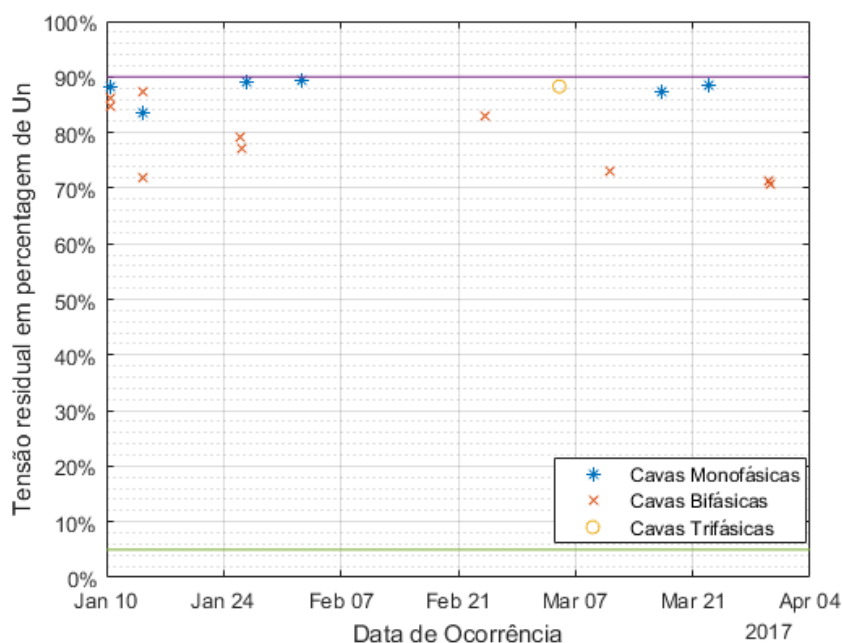
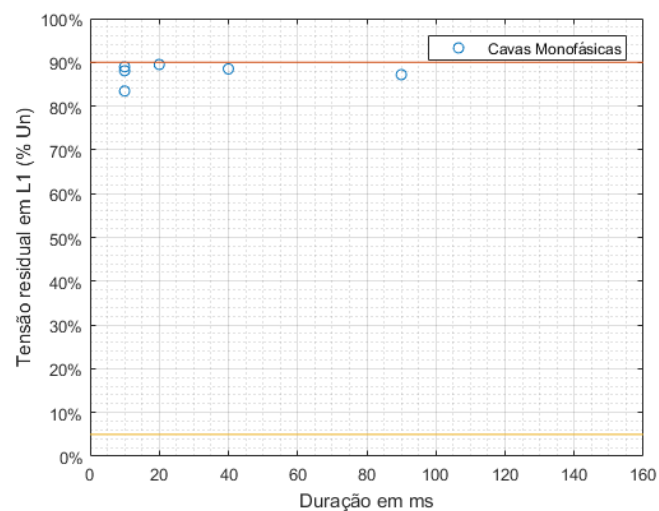
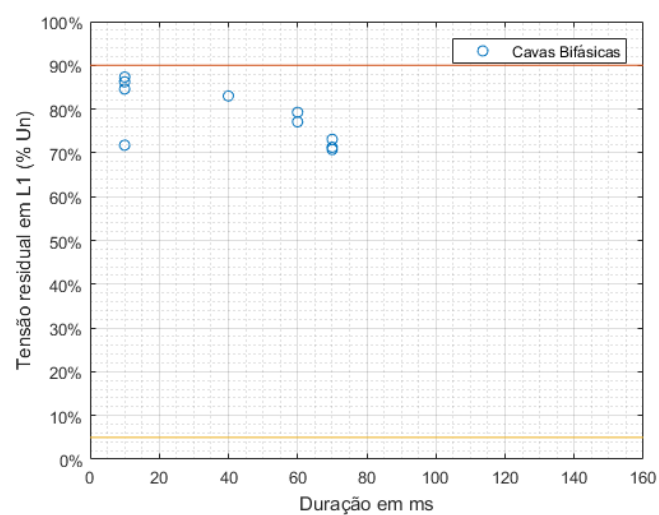


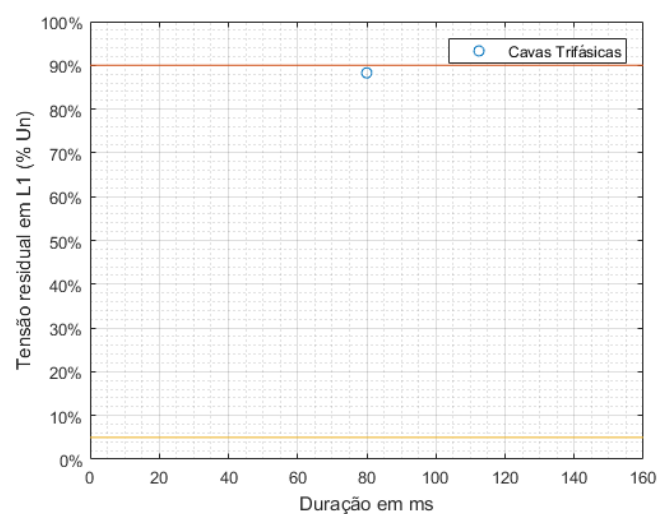
Figura 3.9: Registro temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER3, após agregação polifásica.



(a) Cavas Monofásicas



(b) Cavas Bifásicas



(c) Cavas Trifásicas

Figura 3.10: Cavas de tensão registradas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017. Sua caracterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.

Quanto à continuidade de serviço na estação de Radar nº3 verificaram-se interrupções no fornecimento de energia elétrica, apresentando-se na tabela 3.22 os registos das interrupções, das quais apenas duas são interrupções longas (com duração superior a 3 minutos).

Tabela 3.22: Registo das interrupções de serviço na ER3

Data	Duração L1	Duração L2	Duração L3
09-01-2017 13:50:54.980	00:00:00.001	00:00:00.001	00:00:00.001
10-01-2017 10:58:04.110	00:01:24.890	00:01:25.960	00:01:27.110
10-01-2017 10:59:29.400	00:03:12.600	00:03:12.600	00:03:12.600
10-01-2017 11:02:42.600	00:00:01.390	00:00:01.390	00:00:01.380
14-01-2017 08:42:27.360	00:00:00.720	00:00:00.670	00:00:00.410
07-02-2017 09:53:39.000	00:00:00.001	00:00:00.001	00:00:00.001
13-02-2017 15:42:57.320	00:00:00.410	00:00:00.680	00:00:00.680
21-02-2017 10:02:03.430	00:00:00.001	00:00:00.001	00:00:00.001
21-02-2017 11:55:21.760	00:00:05.240	00:00:05.240	00:00:05.240
08-03-2017 18:25:24.340	00:00:00.001	00:00:00.001	00:00:00.001
08-03-2017 18:26:07.200	17:02:04.800	17:02:04.800	17:02:04.800
16-03-2017 08:13:40.230	00:00:02.770	00:00:02.760	00:00:02.760
16-03-2017 09:20:27.470	00:00:08.530	00:00:08.530	00:00:08.540
29-03-2017 10:44:04.890	00:00:00.001	00:00:00.001	00:00:00.001
29-03-2017 10:46:08.460	00:00:04.540	00:00:04.540	00:00:04.540

Capítulo 4

Análise de Resultados

Neste capítulo é realizada a análise dos resultados apresentados no capítulo anterior, comparando os gráficos obtidos na monitorização QCT com as curvas de tolerância de cada classe de equipamentos, apresentando conclusões sobre o comportamento da UPS caso esta seja configurada para cada uma das classes de tolerância definidas no capítulo 2, e é feita a comparação entre o histórico de alarmes da UPS e os dados da monitorização QCT.

4.1 Descrição da abordagem ao problema

Tal como descrito no capítulo 1, o fator que motiva esta dissertação de mestrado está relacionado com a pouca durabilidade dos bancos de baterias das UPS instaladas nas Estações de Radar (ER). Os fabricantes das mesmas afirmam que tal se deve à frequente entrada em serviço da UPS e consequente solicitação de energia às baterias, levando a que o número de ciclos carga/descarga, utilizado na estimativa do tempo de vida útil, seja atingido num espaço de tempo inferior ao previsto pelos fabricantes.

Para estudar o problema em causa, irá ser analisado o número de vezes que as UPS entraram em serviço, com base nos registos das próprias UPS. Posteriormente, irá ser apresentada a análise das entradas em serviço da UPS (com base nos registos do analisador de rede), caso esta seja configurada consoante as classes de equipamentos presentes na brochura 412 da CIGRE [5]. Devido à impossibilidade de classificar todos os equipamentos instalados nas ER, será feita a análise para cada uma das classes e tipos de equipamentos diferentes que possam existir nas ER.

4.2 Análise face a entradas em serviço da UPS

Nas ER da FA existe um sistema centralizado de supervisão e controlo (SSC) de alarmes e eventos de todos os sistemas instalados. Foi a partir do SSC que se obteve as tabelas 4.1 e 4.2, que indicam as falhas que ocorreram provenientes dos alarmes gerados pelas UPS. No entanto, na ER2 não foi possível obter estes registos devido a uma avaria no SSC.

Tabela 4.1: Registos dos eventos da UPS no SSC da ER1, entre 23 de janeiro e 17 de abril de 2017.

Data	Hora entrada	Hora saída	Falha	Data	Hora entrada	Hora saída	Falha
26/01/2017	04:08:55	04:09:00	Critica	01/03/2017	09:06:16	09:06:21	Critica
28/01/2017	21:50:46	21:50:51	Critica	01/03/2017	09:06:23	10:19:48	Critica
30/01/2017	12:21:14	*	Critica	01/03/2017	09:23:24	*	Critica
31/01/2017	14:12:06	14:12:10	Critica	01/03/2017	12:50:35	12:50:41	Critica
01/02/2017	11:40:39	11:40:43	Critica	01/03/2017	18:43:56	18:44:02	Critica
07/02/2017	10:42:40	*	Critica	01/03/2017	18:46:25	*	Critica
11/02/2017	08:49:33	08:49:39	Critica	05/03/2017	16:30:16	16:30:22	Critica
12/02/2017	18:51:08	18:51:14	Critica	06/03/2017	10:09:49	10:09:54	Critica
13/02/2017	17:23:17	*	Critica	08/03/2017	06:07:09	06:07:14	Critica
17/02/2017	22:32:54	22:32:59	Critica	08/03/2017	16:59:50	16:59:55	Critica
20/02/2017	07:35:44	07:35:48	Critica	10/03/2017	16:46:08	16:46:12	Critica
20/02/2017	19:56:26	19:56:41	Geral	10/03/2017	16:46:37	*	Critica
20/02/2017	20:18:43	20:19:00	Geral	13/03/2017	19:18:36	19:18:41	Critica
24/02/2017	06:58:37	06:58:43	Critica	13/03/2017	19:18:44	19:18:49	Critica
24/02/2017	07:05:59	07:06:04	Critica	17/03/2017	09:51:52	09:51:56	Critica
24/02/2017	11:51:39	11:51:43	Critica	22/03/2017	19:12:00	19:12:29	Critica
24/02/2017	17:54:39	17:54:44	Critica	22/03/2017	22:13:55	22:14:11	Critica
24/02/2017	18:07:46	18:08:16	Geral	24/03/2017	11:05:19	11:05:23	Critica
24/02/2017	20:27:38	20:27:54	Geral	24/03/2017	11:05:29	11:05:33	Critica
24/02/2017	21:08:42	21:08:47	Critica	24/03/2017	11:05:39	11:05:43	Critica
24/02/2017	21:09:56	21:09:59	Geral	24/03/2017	11:05:49	11:05:53	Critica
25/02/2017	08:08:18	08:08:23	Critica	24/03/2017	11:05:59	11:06:03	Critica
01/03/2017	09:03:40	09:03:45	Critica	24/03/2017	11:06:09	11:06:13	Critica
01/03/2017	09:03:48	09:03:54	Critica	24/03/2017	11:06:19	11:06:23	Critica
01/03/2017	09:03:59	09:04:05	Critica	24/03/2017	11:06:29	11:06:33	Critica
01/03/2017	09:04:12	09:04:16	Critica	24/03/2017	11:06:39	11:14:58	Critica
01/03/2017	09:04:16	*	Critica	24/03/2017	14:41:28	*	Geral
01/03/2017	09:04:55	09:04:59	Critica	28/03/2017	12:02:52	12:03:21	Geral
01/03/2017	09:05:03	09:05:09	Critica	28/03/2017	12:03:41	*	Geral
01/03/2017	09:05:13	09:05:24	Critica	28/03/2017	12:33:35	12:33:51	Geral
01/03/2017	09:05:26	09:05:30	Critica	28/03/2017	15:05:46	15:06:15	Geral
01/03/2017	09:05:40	09:05:44	Critica	28/03/2017	15:38:16	15:38:32	Geral
01/03/2017	09:05:51	09:05:55	Critica	14/04/2017	17:27:29	17:27:35	Critica
01/03/2017	09:05:57	09:06:02	Critica	17/04/2017	23:38:30	23:38:35	Critica
01/03/2017	09:06:03	09:06:08	Critica	21/04/2017	19:02:20	19:02:25	Critica

Tabela 4.2: Registos dos eventos da UPS no SSC da ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.

Data	Hora entrada	Hora saída	Falha	Data	Hora entrada	Hora saída	Falha
22/02/2017	23:29:19	23:29:59	Crítica	15/03/2017	19:40:24	19:40:29	Crítica
24/02/2017	17:22:09	17:22:14	Crítica	15/03/2017	19:43:20	*	Crítica
24/02/2017	17:22:47	*	Crítica	15/03/2017	20:59:14	20:59:19	Crítica
25/02/2017	04:20:48	04:20:53	Crítica	16/03/2017	10:56:35	10:56:50	Geral
25/02/2017	19:30:03	19:30:08	Crítica	16/03/2017	12:03:27	12:03:43	Geral
27/02/2017	11:37:09	*	Crítica	16/03/2017	12:07:15	*	Geral
01/03/2017	23:57:47	23:57:47	Crítica	17/03/2017	18:32:02	18:32:08	Crítica
01/03/2017	23:58:27	*	Crítica	17/03/2017	18:33:37	*	Crítica
02/03/2017	11:59:33	11:59:38	Crítica	17/03/2017	18:34:53	18:34:58	Crítica
02/03/2017	12:00:09	*	Crítica	17/03/2017	18:35:15	*	Crítica
02/03/2017	13:36:11	13:36:16	Crítica	20/03/2017	21:02:37	21:02:42	Crítica
02/03/2017	13:36:39	*	Crítica	22/03/2017	20:52:29	20:52:34	Crítica
02/03/2017	19:13:19	19:13:24	Crítica	22/03/2017	20:52:54	*	Crítica
02/03/2017	19:14:08	*	Crítica	24/03/2017	13:45:40	13:45:45	Crítica
05/03/2017	22:56:12	22:56:17	Crítica	24/03/2017	15:27:27	*	Crítica
06/03/2017	05:55:58	05:56:02	Crítica	25/03/2017	02:05:44	02:05:49	Crítica
06/03/2017	20:02:17	*	Crítica	25/03/2017	02:06:23	*	Crítica
08/03/2017	21:07:22	*	Geral	26/03/2017	19:29:16	19:29:21	Crítica
08/03/2017	21:08:03	21:08:04	Geral	26/03/2017	10:59:53	10:59:59	Crítica
08/03/2017	21:08:07	21:09:14	Geral	26/03/2017	11:01:01	*	Crítica
09/03/2017	02:04:35	02:04:41	Crítica	28/03/2017	03:47:14	03:47:19	Crítica
09/03/2017	02:04:59	*	Crítica	28/03/2017	03:48:29	*	Crítica
09/03/2017	13:18:22	13:18:27	Crítica	29/03/2017	13:44:12	13:44:17	Crítica
09/03/2017	13:19:02	*	Crítica	29/03/2017	14:27:21	*	Geral
11/03/2017	19:02:54	19:02:59	Crítica	29/03/2017	14:30:00	14:30:16	Geral
11/03/2017	19:03:31	*	Crítica	29/03/2017	18:30:50	*	Crítica
14/03/2017	13:45:58	13:46:03	Crítica	29/03/2017	18:30:55	*	Geral
14/03/2017	13:46:50	*	Crítica	30/03/2017	15:34:32	15:34:37	Crítica
14/03/2017	23:16:58	23:17:03	Crítica	30/03/2017	15:35:38	*	Crítica

As referências a falhas gerais estão relacionadas com diversos problemas, tais como a temperatura excessiva do inversor e as baterias desconetadas da UPS e/ou a descarregar. Já as falhas críticas estão relacionadas com falhas no sistema de ventilação, falha no teste às baterias, problemas nos retificadores ou no DC BUS ¹, falha no comutador estático SRC ², falhas na rede de alimentação da

¹ligação entre as baterias e o inversor.

²Switch Redundancy Controller.

UPS, entre outros. Como tal, é de notar que muitos dos eventos apresentados nas tabelas 4.1 e 4.2 não coincidem com os eventos registados nas tabelas 3.4 a 3.22, dado que nem todos os eventos registados pelo SSC estarem diretamente relacionados com cavas de tensão. Além disso, constata-se que os eventos registados no SSC e no equipamento de monitorização foram registados com uma diferença temporal de aproximadamente 2h a 3h.

Nas tabelas 4.1 e 4.2, na coluna "Hora de Saída", está representado o símbolo ""*""indicando que é um alarme informativo, ou seja, a UPS detetou alguma falha, como por exemplo uma cava de tensão muito rápida, em que o tempo de duração da mesma é inferior ao tempo de atuação da UPS.

No entanto, estes dados não são conclusivos pois não permitem estabelecer uma correlação entre as cavas de tensão registadas na rede e as entradas em serviço da UPS. Isto deve-se ao facto de não ter sido possível obter a designação específica do alarme gerado pela UPS (devido à pouca capacidade de armazenamento de alarmes por parte da UPS), designação essa que permitiria descodificar se o alarme provém de uma falha na rede de alimentação ou se tem origem em algum defeito na instalação.

Como tal, procedeu-se a uma nova monitorização na ER1 e na ER3, durante os períodos de 29 de agosto a 20 de setembro e de 22 de agosto a 12 de setembro, respetivamente, de modo a comparar as cavas de tensão na rede com as entradas em serviço da UPS. No que à ER1 diz respeito, o equipamento de monitorização não detetou nenhuma cava no período compreendido entre 29 de agosto e 16 de setembro, tendo neste último dia registado uma grande quantidade de eventos (cavas de tensão e interrupções de serviço) que esgotaram a memória do equipamento, não tendo sido possível registar os eventos ocorridos nos dias seguintes. Quanto à ER3 foi possível obter uma semana completa de dados, entre os dias 22 e 28 de agosto, sendo que durante o restante período o equipamento de monitorização não realizou qualquer registo de eventos. Os dados obtidos durante o período de 22 a 28 de agosto são apresentados nas tabelas 4.3, 4.4 e 4.5, após agregação polifásica, e representados nas figuras 4.1 e 4.2. Nesta semana, foi possível registar os códigos de alarme emitidos pela UPS, apresentados na tabela 4.6. Os códigos de alarme emitidos pela UPS durante o período de monitorização foram os seguintes:

- 10- *Bypass* ausente;
- 12- *Bypass* com subtensão;
- 14- *Bypass* com erro na sequencia das fases;
- 16- *Bypass* desligado;
- 22- retificador bloqueado;
- 35- inversor dessincronizado;
- 52- baterias em carga.

Estes códigos de alarme da UPS estão normalmente associados a falhas na alimentação da UPS, quer seja por cavas de tensão, interrupções de serviço ou por cortes manuais da alimentação da UPS

pelo operador (por exemplo aquando de procedimentos de manutenção da UPS ou do banco de baterias).

Após a comparação entre os dados obtidos pelo equipamento de monitorização e os registos de alarmes da UPS, constata-se que a UPS apenas entrou em serviço na ocorrência de cavas de tensão mais severas, que neste período correspondeu a cavas de tensão com uma tensão residual inferior a cerca de 50V (25%) e com durações superiores a cerca de 200 ms. Na figura 4.2, estão representadas as cavas de tensão registadas neste período de análise, sendo que a verde apresentam-se todas as cavas de tensão que não levaram a que a UPS entrasse em serviço, e a vermelho as cavas de tensão que levaram a UPS a entrar em serviço.

Tabela 4.3: Cavas de tensão monofásicas ocorridas na ER3, no período de 22 a 28 de agosto de 2017

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
24-08-2017 08:55:33.750	197,90	86,04	10	L1
24-08-2017 08:55:33.770	191,53	83,27	10	L1
24-08-2017 08:55:33.790	198,01	86,09	10	L1
24-08-2017 08:55:33.810	201,88	87,77	10	L1
24-08-2017 08:55:33.830	204,60	88,96	10	L1
24-08-2017 08:58:44.520	196,96	85,63	10	L1
24-08-2017 08:58:44.540	202,09	87,87	10	L1
24-08-2017 08:58:44.560	204,91	89,09	10	L1
27-08-2017 19:58:53.550	176,68	76,82	30	L3
28-08-2017 13:39:50.990	205,64	89,41	20	L1
28-08-2017 13:39:51.050	206,16	89,63	10	L1

Tabela 4.4: Cavas de tensão bifásicas ocorridas na ER3, no período de 22 a 28 de agosto de 2017

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
24-08-2017 08:58:44.480	194,87	84,73	10	L1L3
24-08-2017 08:58:44.500	191,42	83,23	10	L1L3
27-08-2017 19:58:06.340	46,31	20,13	260	L1L2
28-08-2017 06:49:03.740	203,65	88,54	20	L2L1
28-08-2017 13:39:50.810	45,90	19,96	310	L2L3
28-08-2017 14:52:32.510	187,45	81,50	70	L1L3

Tabela 4.5: Cavas de tensão trifásicas ocorridas na ER3, no período de 22 a 28 de agosto de 2017

Data e hora	Tensão		Duração [ms]	fase
	[V]	%		
28-08-2017 02:15:19.540	203,03	88,27	40	L1L2L3
28-08-2017 06:49:49.750	202,71	88,13	30	L1L2L3

Tabela 4.6: Registos dos alarmes da UPS da ER3, entre 22 e 28 de agosto de 2017.

Data	Entrada	Saida	Código
27/08/2017	22:32	22:32	22
27/08/2017	22:32	22:32	14
27/08/2017	22:32	22:32	16
27/08/2017	22:32	22:33	10
27/08/2017	22:32	22:34	52
27/08/2017	22:33	22:33	35
27/08/2017	22:33	22:33	35
27/08/2017	22:33	22:33	22
27/08/2017	22:33	22:33	10
27/08/2017	22:33	22:33	12
27/08/2017	22:33	22:33	16
27/08/2017	22:33	22:33	35
27/08/2017	22:33	22:33	35
28/08/2017	16:14	16:14	22
28/08/2017	16:14	16:15	52

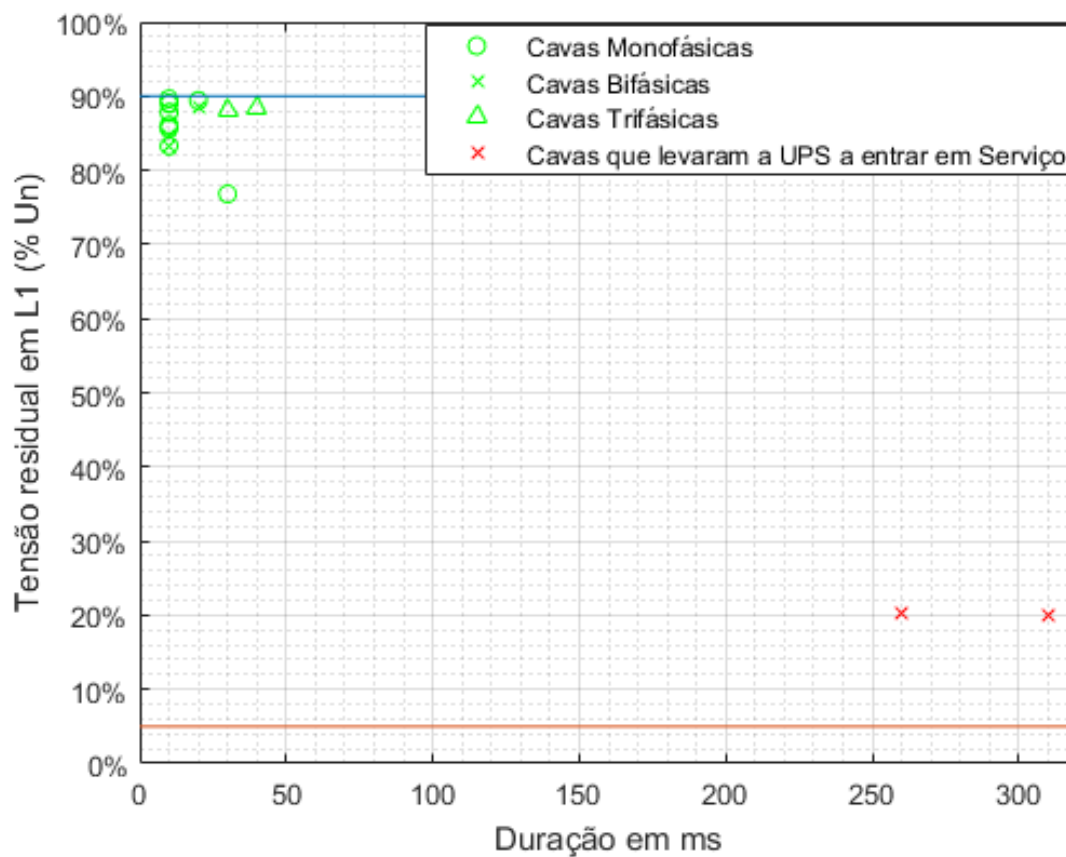


Figura 4.2: Cavas de tensão registadas na ER3, entre 22 e 29 de agosto de 2017. Sua caracterização por tensão residual/duração, após agregação polifásica.

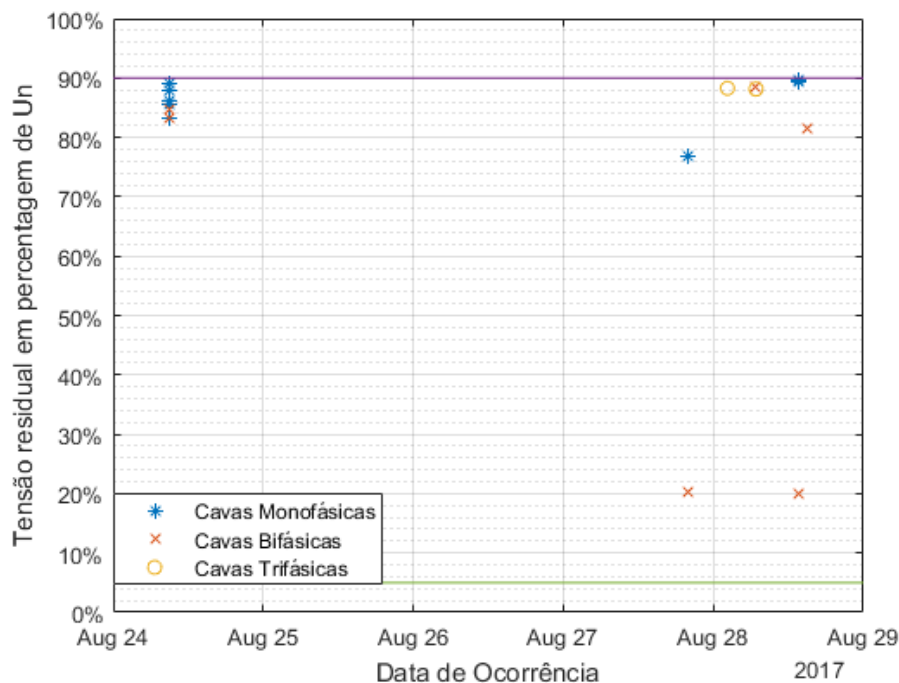


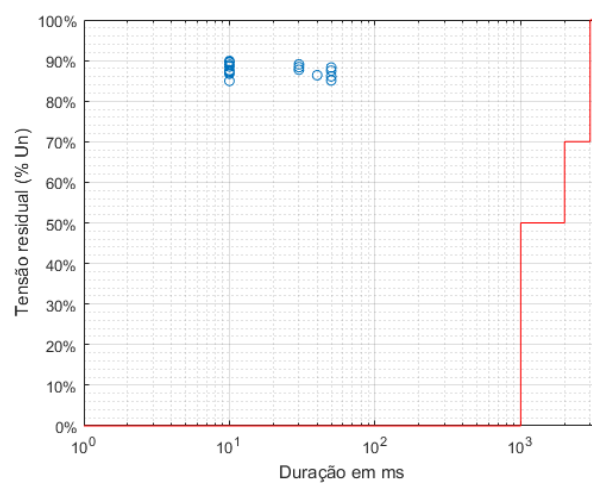
Figura 4.1: Registo temporal de cavas de tensão caracterizadas pela sua tensão residual, na ER3, após agregação polifásica, entre 22 e 28 de agosto de 2017.

4.3 Análise face a curvas de tolerância dos equipamentos

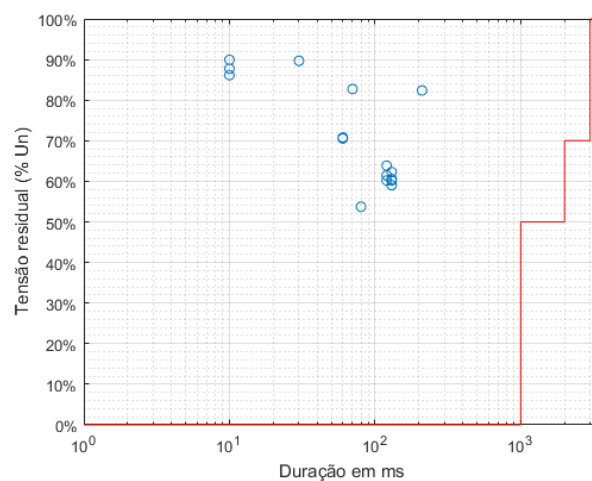
Como se observou no capítulo 3, na ER1 e ER2 existem cavas de tensão frequentemente, tendo-se totalizado um total de 51 e 58 cavas de tensão, respetivamente. Na ER3 o principal problema prende-se com as interrupções de serviço, tendo sido registadas 18 cavas de tensão e 15 falhas no fornecimento de energia. Relativamente às entradas em serviço por parte da UPS, quanto às interrupções de serviço pouco se pode fazer, uma vez que uma falha de energia obriga à atuação da UPS de modo a salvaguardar o correto funcionamento de todos os equipamentos instalados na ER. No entanto pode-se diminuir o número de entradas em serviço da UPS em relação às cavas de tensão, através da regulação das UPS de acordo com a curva de tolerância do equipamento (definida na brochura 412 da CIGRE [5]) de menor imunidade a cavas de tensão.

Uma vez que não foi possível obter as curvas de tolerância dos equipamentos instalados nas ER, devido ao elevado grau de confidencialidade relativo à informação sobre os equipamentos instalados nas ER, elaborou-se uma análise com base em todas as curvas de tolerância de equipamentos, presentes na brochura 412 da CIGRE [5], descritas no capítulo 2, tendo-se obtido o número de cavas de tensão que levariam à solicitação da UPS, no caso de esta estar configurada para a respetiva classe de tolerância. Para tal, as figuras 3.5, 3.8 e 3.10 foram sobrepostas com as curvas de tolerância de cada classe, tendo-se obtido as figuras 4.3 a 4.17 para as seguintes classes:

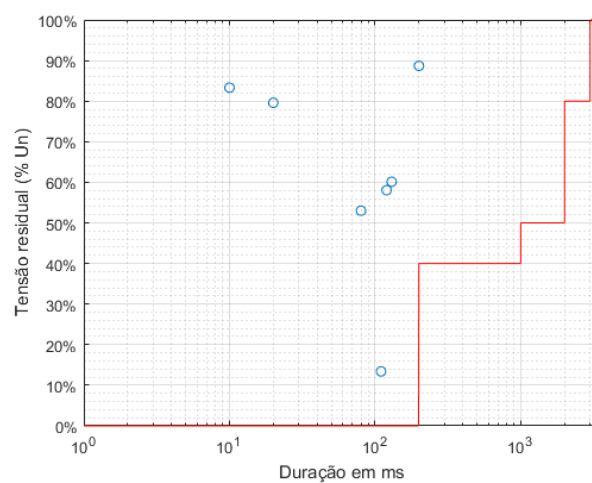
- Classe A



(a) Cavas de tensão Tipo I

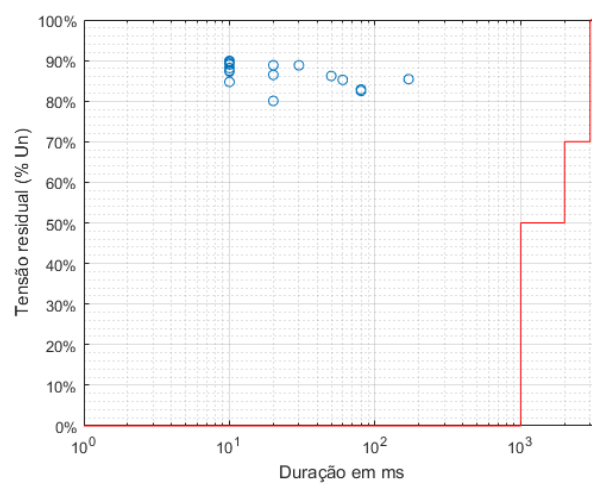


(b) Cavas de tensão Tipo II

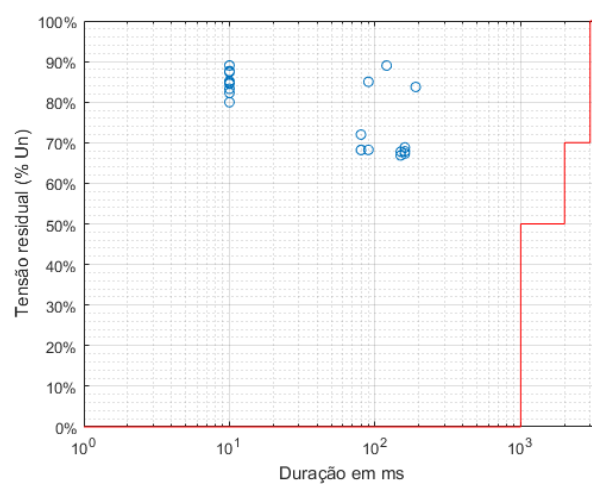


(c) Cavas de tensão Tipo III

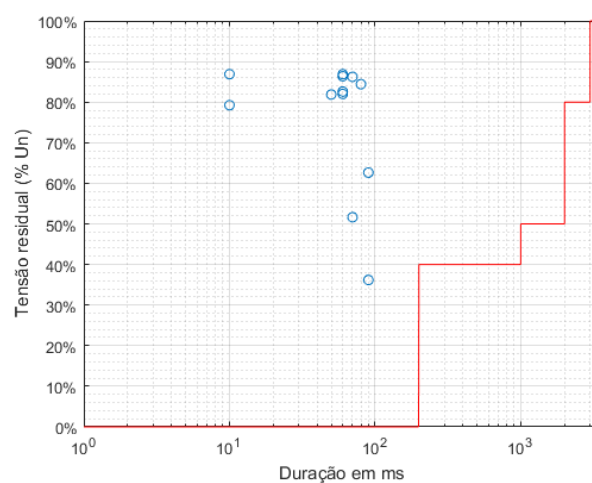
Figura 4.3: Curvas de Tolerância de Classe A com representação das cavas de tensão registradas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I

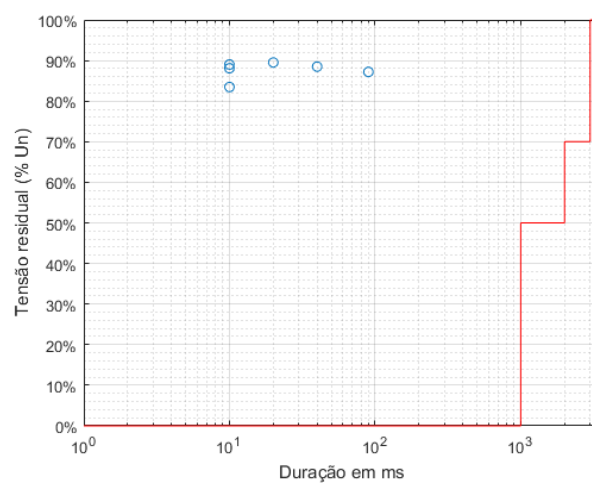


(b) Cavas de tensão Tipo II

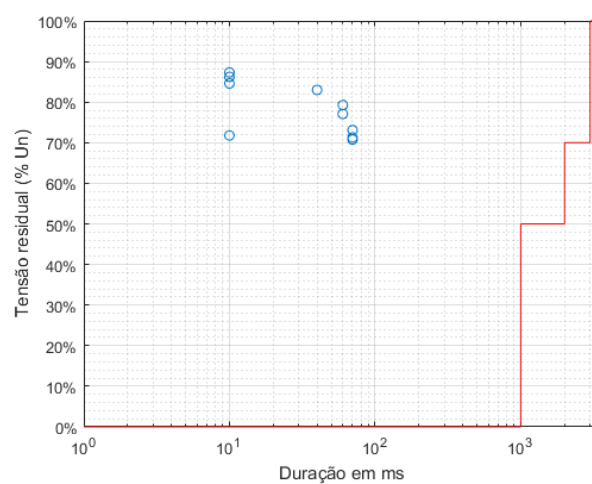


(c) Cavas de tensão Tipo III

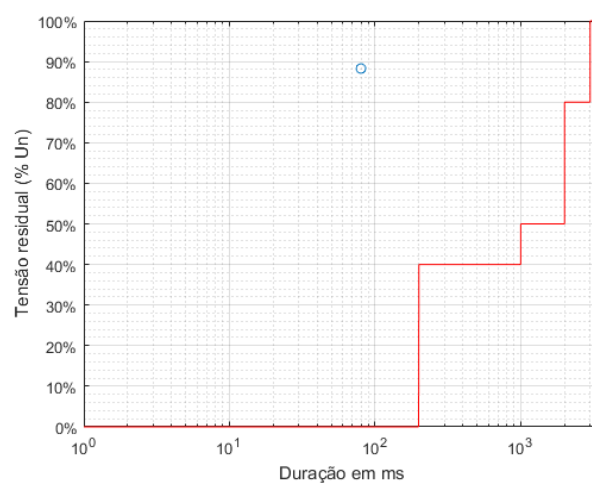
Figura 4.4: Curvas de Tolerância de Classe A com representação das cavas de tensão registradas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I



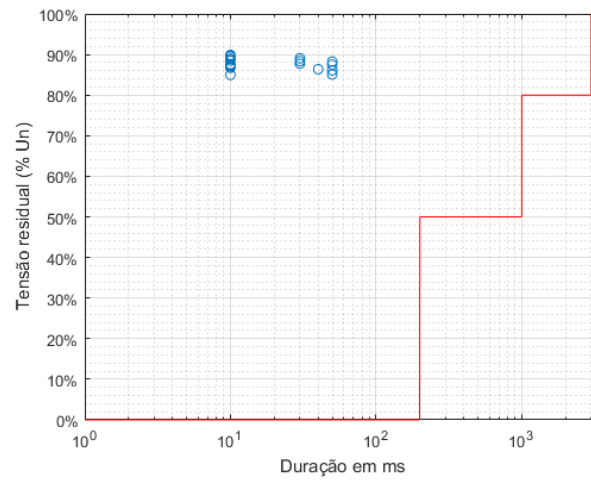
(b) Cavas de tensão Tipo II



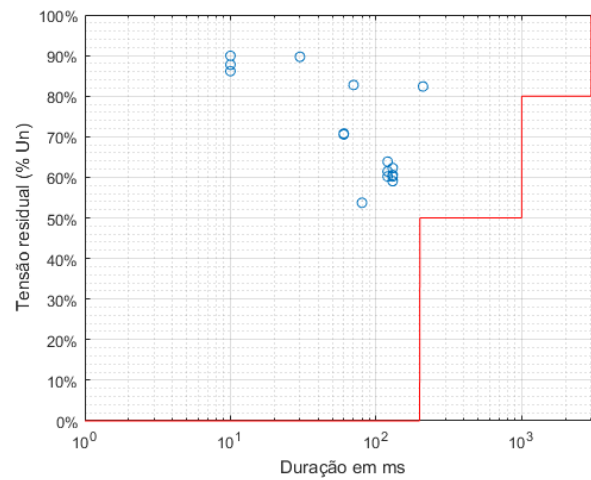
(c) Cavas de tensão Tipo III

Figura 4.5: Curvas de Tolerância de Classe A com representação das cavas de tensão registradas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.

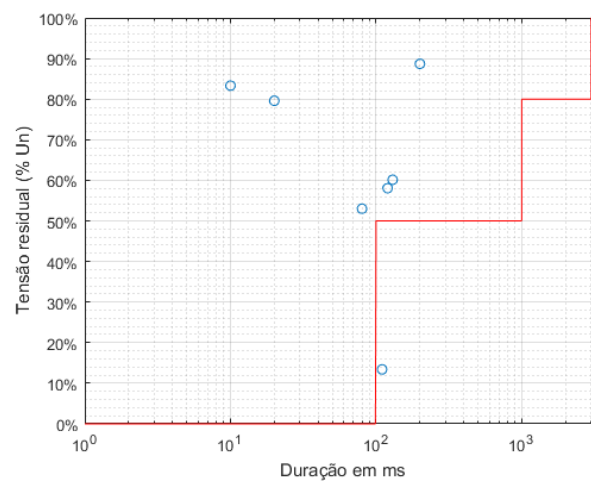
- Classe B



(a) Cavas de tensão Tipo I

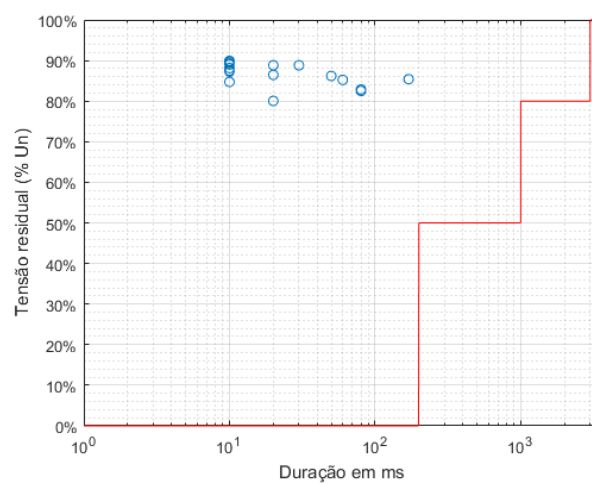


(b) Cavas de tensão Tipo II

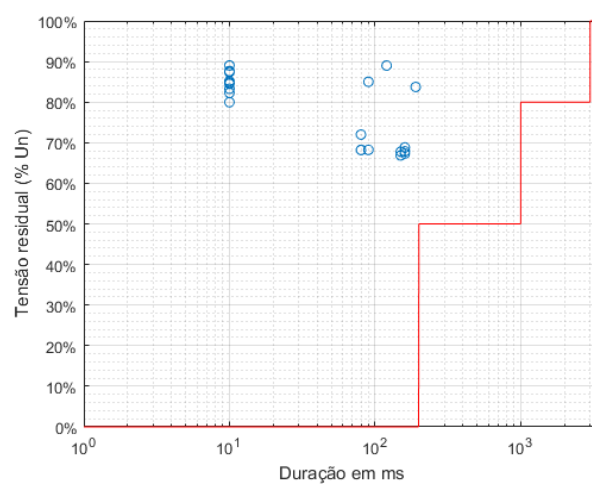


(c) Cavas de tensão Tipo III

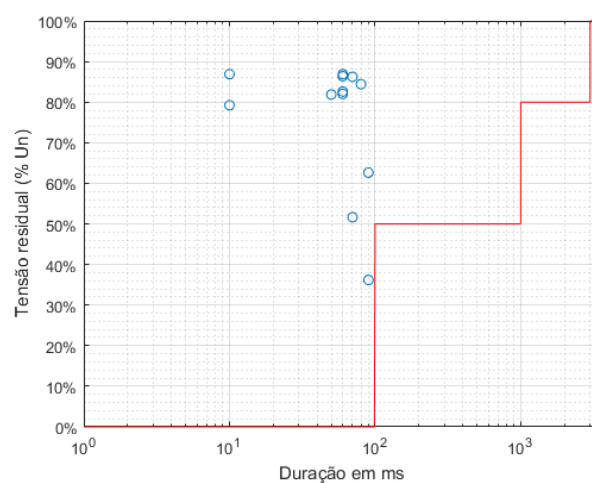
Figura 4.6: Curvas de Tolerância de Classe B com representação das cavas de tensão registradas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I

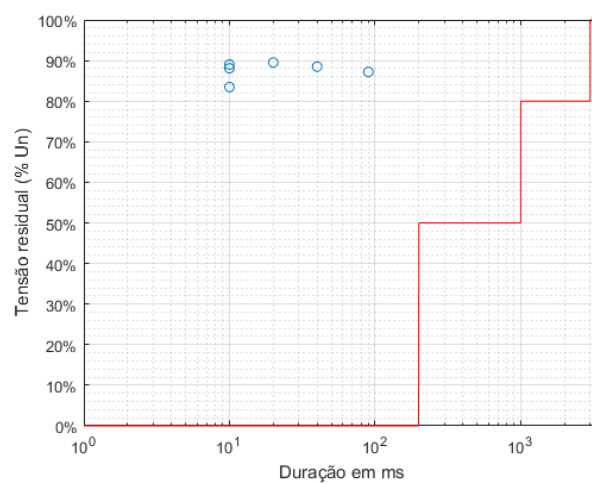


(b) Cavas de tensão Tipo II

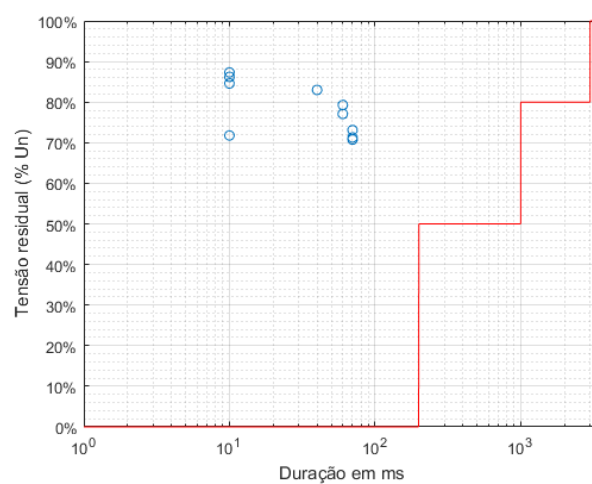


(c) Cavas de tensão Tipo III

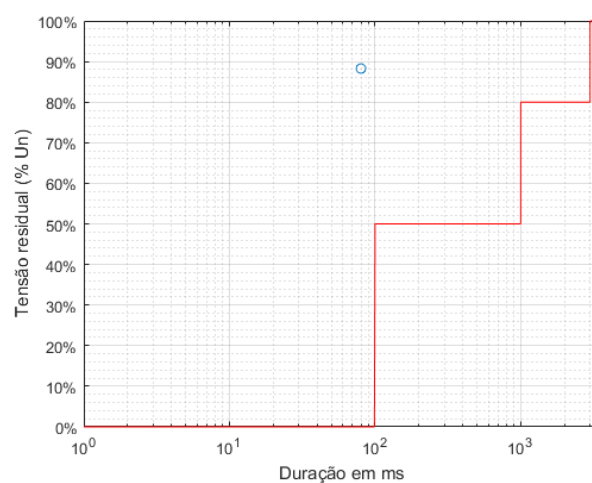
Figura 4.7: Curvas de Tolerância de Classe B com representação das cavas de tensão registradas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I



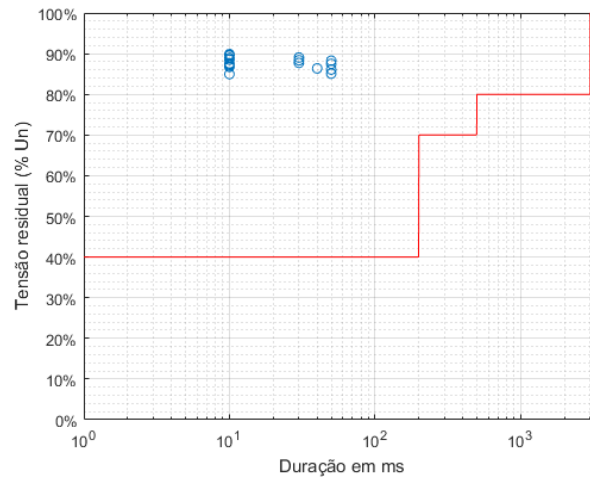
(b) Cavas de tensão Tipo II



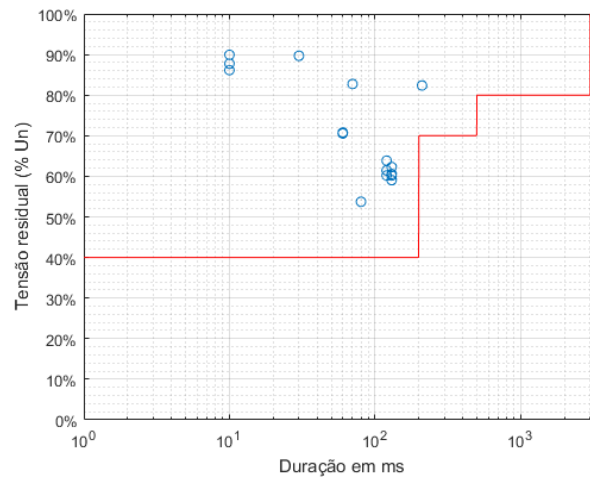
(c) Cavas de tensão Tipo III

Figura 4.8: Curvas de Tolerância de Classe B com representação das cavas de tensão registradas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.

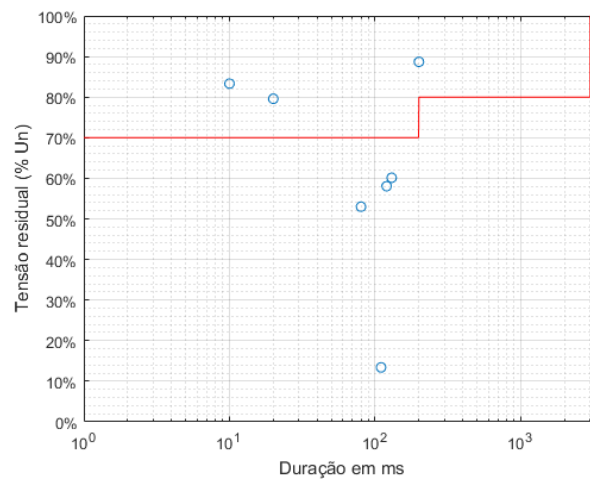
- Classe C1



(a) Cavas de tensão Tipo I

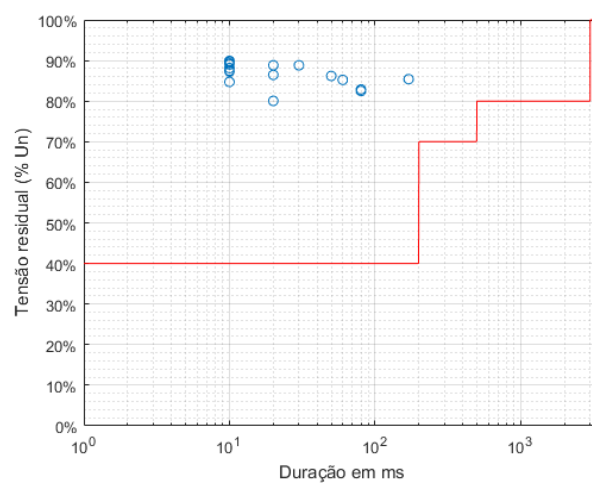


(b) Cavas de tensão Tipo II

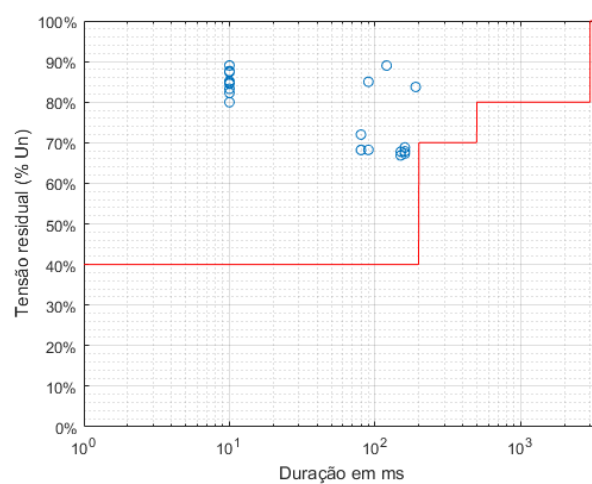


(c) Cavas de tensão Tipo III

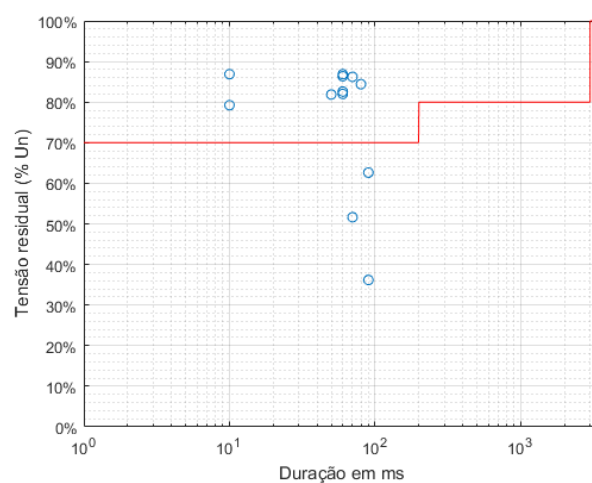
Figura 4.9: Curvas de Tolerância de Classe C1 com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I

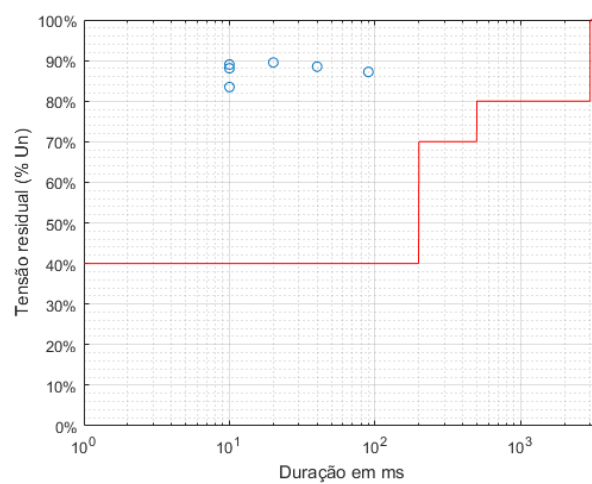


(b) Cavas de tensão Tipo II

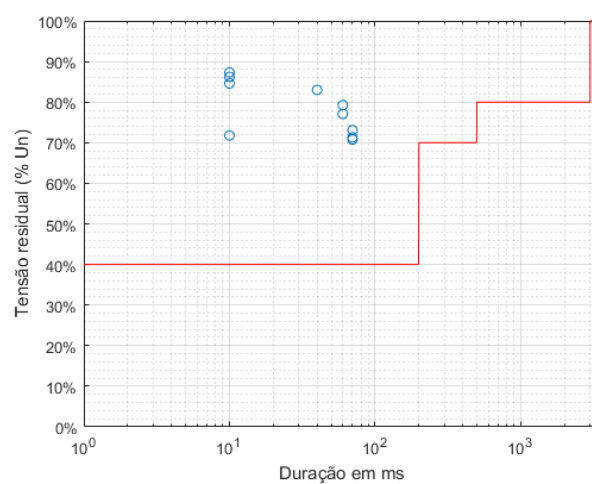


(c) Cavas de tensão Tipo III

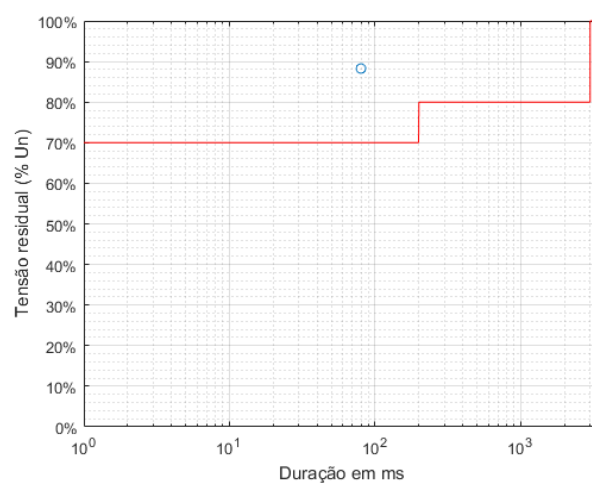
Figura 4.10: Curvas de Tolerância de Classe C1 com representação das cavas de tensão registradas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I



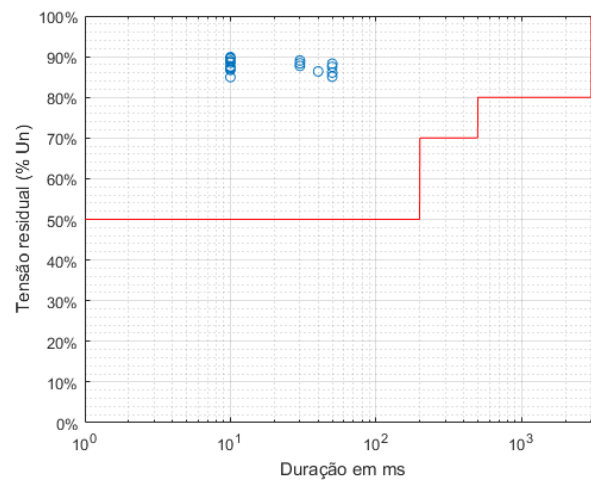
(b) Cavas de tensão Tipo II



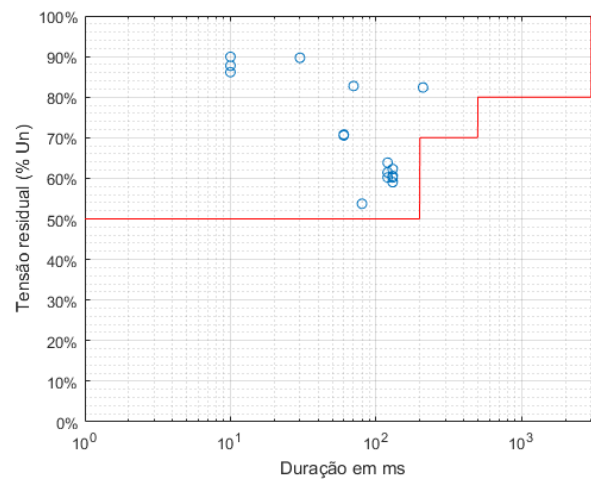
(c) Cavas de tensão Tipo III

Figura 4.11: Curvas de Tolerância de Classe C1 com representação das cavas de tensão registradas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.

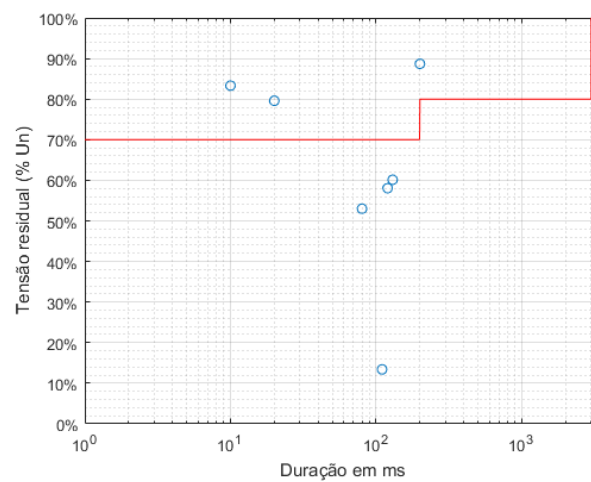
- Classe C2



(a) Cavas de tensão Tipo I

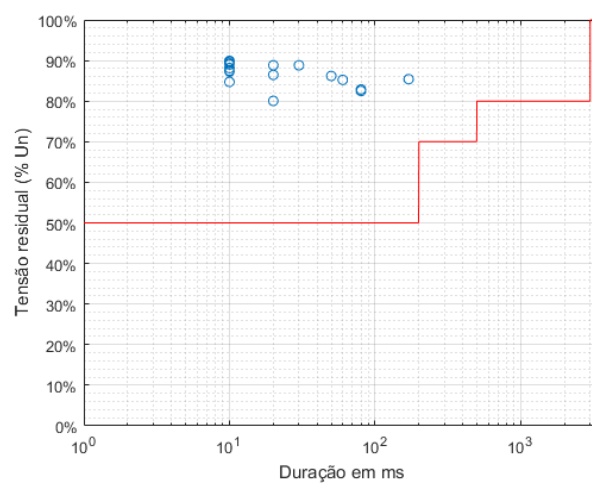


(b) Cavas de tensão Tipo II

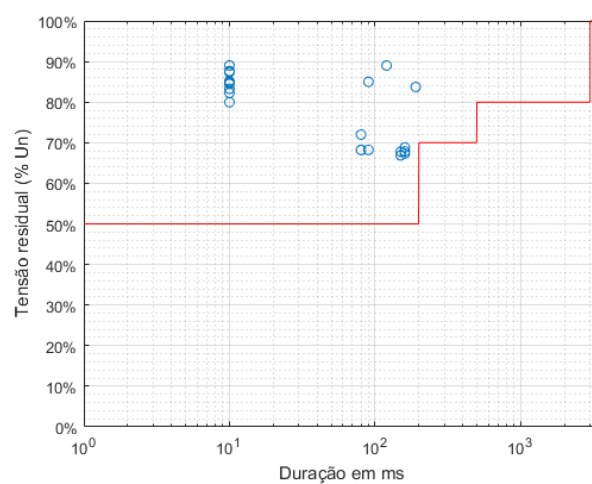


(c) Cavas de tensão Tipo III

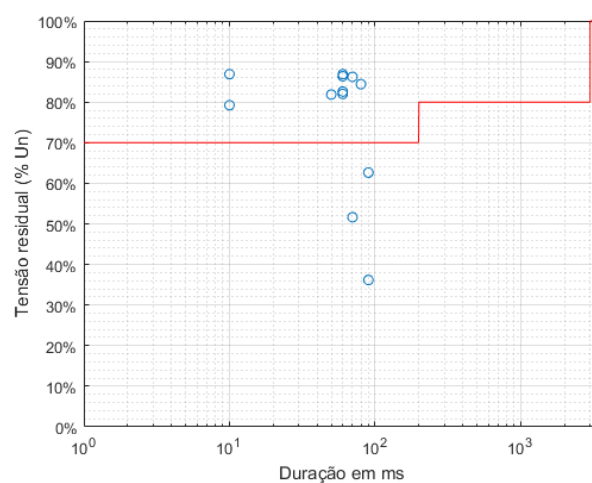
Figura 4.12: Curvas de Tolerância de Classe C2 com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I

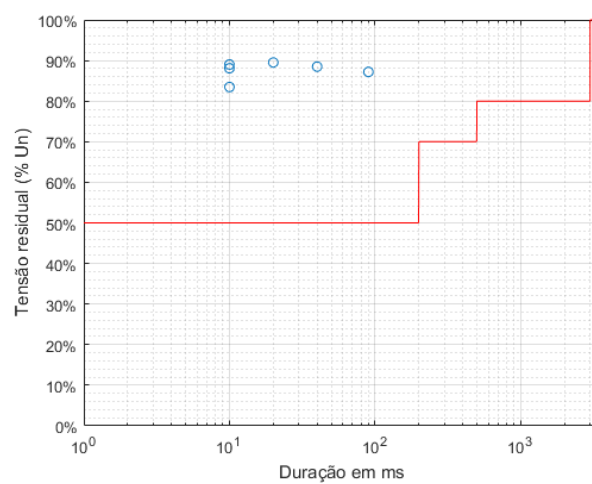


(b) Cavas de tensão Tipo II

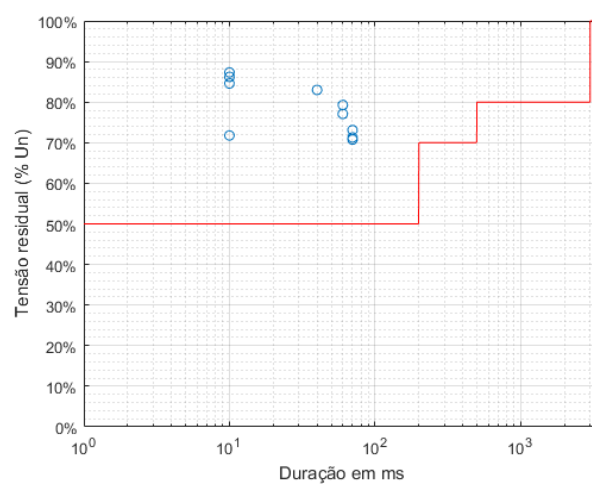


(c) Cavas de tensão Tipo III

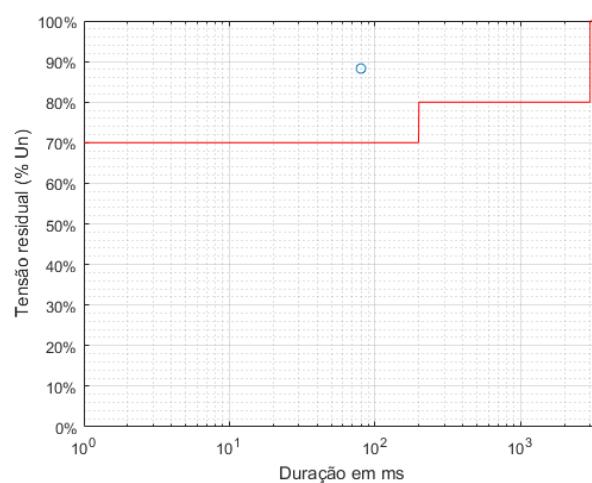
Figura 4.13: Curvas de Tolerância de Classe C2 com representação das cavas de tensão registradas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I



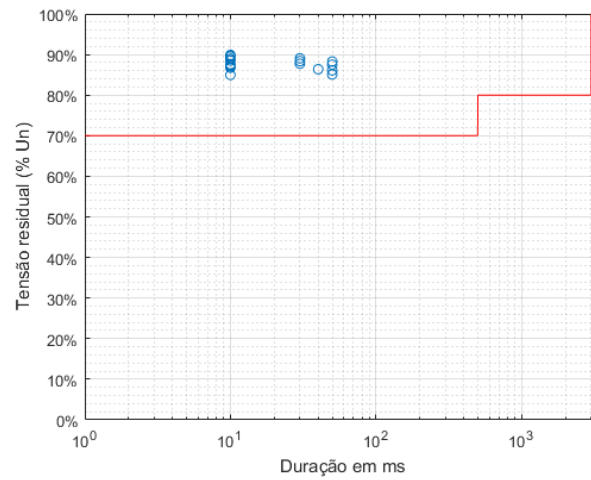
(b) Cavas de tensão Tipo II



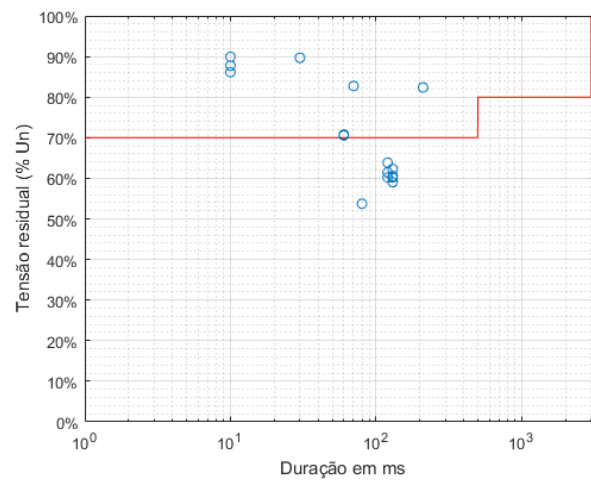
(c) Cavas de tensão Tipo III

Figura 4.14: Curvas de Tolerância de Classe C2 com representação das cavas de tensão registradas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.

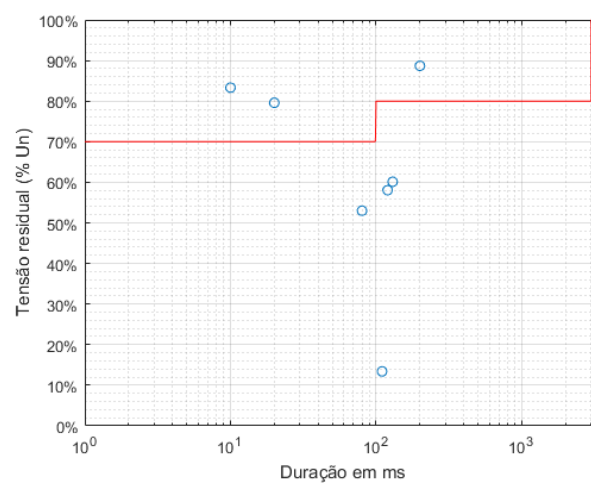
- Classe D



(a) Cavas de tensão Tipo I

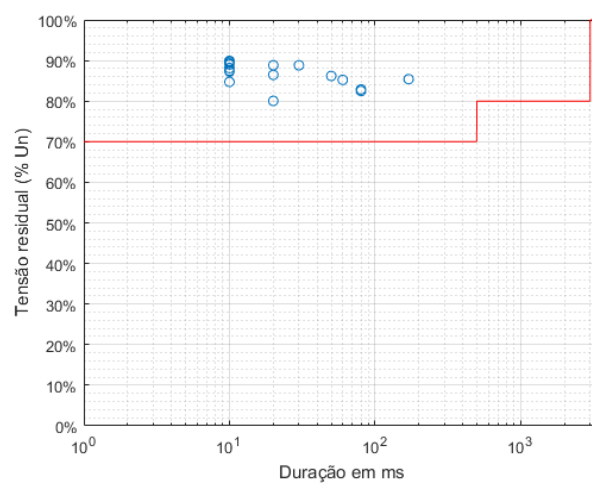


(b) Cavas de tensão Tipo II

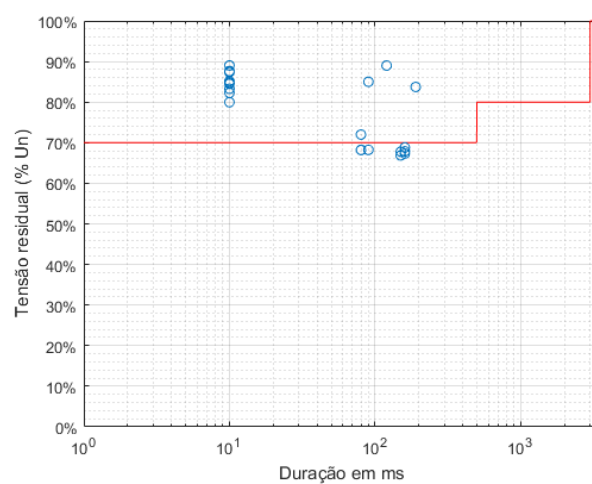


(c) Cavas de tensão Tipo III

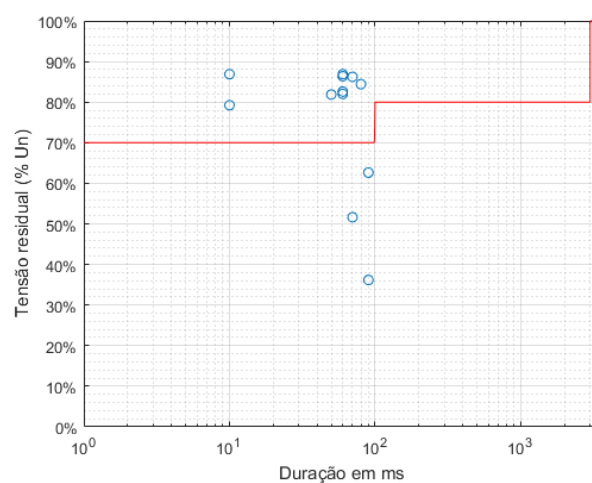
Figura 4.15: Curvas de Tolerância de Classe D com representação das cavas de tensão registadas na ER1, entre 25 de janeiro e 17 de abril de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I

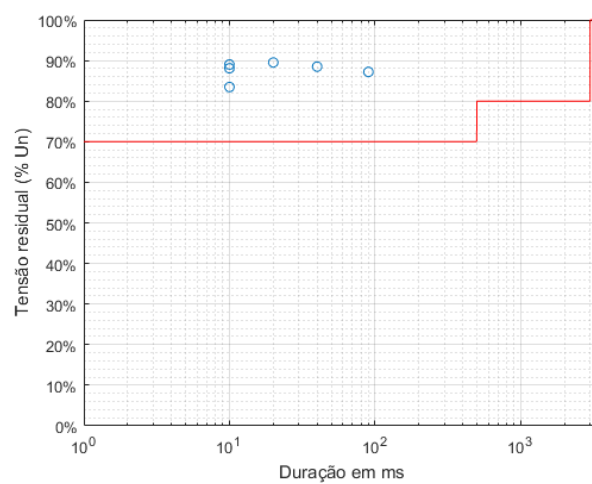


(b) Cavas de tensão Tipo II

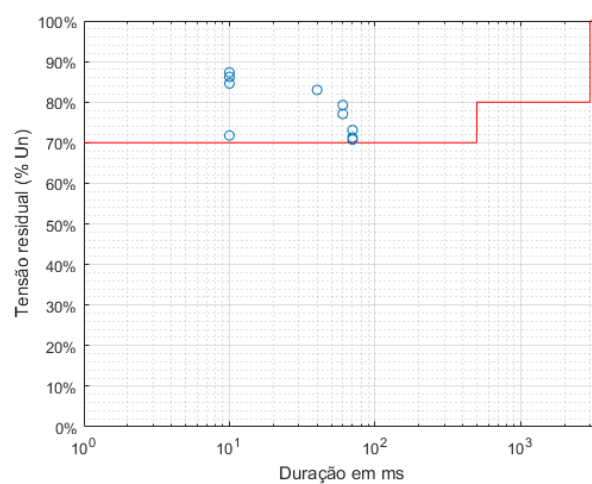


(c) Cavas de tensão Tipo III

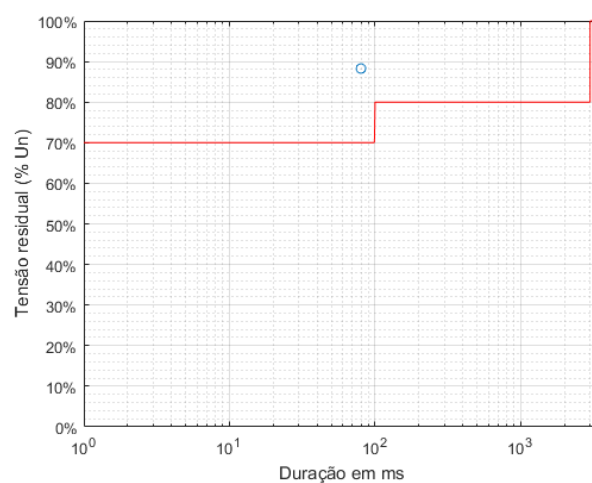
Figura 4.16: Curvas de Tolerância de Classe D com representação das cavas de tensão registradas na ER2, entre 16 de janeiro e 13 de março de 2017.



(a) Cavas de tensão Tipo I



(b) Cavas de tensão Tipo II



(c) Cavas de tensão Tipo III

Figura 4.17: Curvas de Tolerância de Classe D com representação das cavas de tensão registradas na ER3, entre 6 de janeiro e 30 de março de 2017.

Com base nos resultados apresentados nas figuras 4.3 a 4.17, elaboraram-se as tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 onde se apresenta o número de solicitações às UPS, caso estas estivessem configuradas para cada uma das classes referidas, e o número de cavas de tensão registadas, na ER1, ER2 e ER3, respetivamente.

Tabela 4.7: Número de solicitações à UPS para as diversas classes de equipamentos, para um total de 51 cavas de tensão registadas na ER1.

Classes	Nº de Solicitações à UPS
A	0
B	1
C1	4
C2	4
D	12

Tabela 4.8: Número de solicitações à UPS para as diversas classes de equipamentos, para um total de 58 cavas de tensão registadas na ER2.

Classes	Nº de Solicitações à UPS
A	0
B	0
C1	3
C2	3
D	12

Tabela 4.9: Número de solicitações à UPS para as diversas classes de equipamentos, para um total de 18 cavas de tensão registadas na ER3.

Classes	Nº de Solicitações à UPS
A	0
B	0
C1	0
C2	0
D	0

Após análise das tabelas 4.7, 4.8 e 4.9, constata-se que o número de solicitações à UPS diminuiria drasticamente com a regulação desta para uma das classes de tolerância definidas pelo grupo de trabalho C4.110 da CIGRE, "*Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations*"[5]. No entanto esta regulação não se revela vantajosa a curto prazo pois pressupõe duas condições que não são satisfeitas, ou não se conseguiu garantir, de momento:

- Imunidade a cavas de tensão: seria necessário que todos os equipamentos instalados nas ER suportassem, sem perturbação do seu normal funcionamento nem desgaste agravado, as cavas de tensão da classe definida.
- Capacidade de regulação da UPS: seria necessário que as UPS possuam capacidade de regulação dos limites de tensão para o equipamento com menor imunidade instalado na ER (sendo os equipamentos de classe A com maior imunidade e os de classe D com menor imunidade).

As condições acima descritas não se verificam, pois as UPS instaladas nas ER são antigas (com cerca de 15 anos) e não permitem a regulação dos limites da tensão. Além desta incapacidade das UPS, também os inúmeros equipamentos e sistemas de equipamentos instalados nas ER são antigos e não existe informação sobre a sua classe de imunidade a cavas de tensão, existindo mesmo alguns em que os fabricantes não definiram a sua imunidade a cavas de tensão.

Capítulo 5

Conclusões

As Estações de Radar da Força Aérea desempenham um papel fundamental na vigilância do espaço aéreo nacional, e como tal, é imprescindível o seu contínuo e correto funcionamento. Para isso é necessário que a energia elétrica que alimenta as ER esteja em conformidade com determinados parâmetros e existam sistemas de alimentação autónomos que permitam o normal funcionamento de todos os equipamentos instalados nas ER quando ocorrem interrupções de serviço ou cavas de tensão (entre outras perturbações na qualidade da onda de tensão). Assim, com esta dissertação pretendeu-se analisar a qualidade da energia elétrica fornecida às ER e concluiu-se que está em conformidade com o normal funcionamento das ER, tendo-se registado maioritariamente cavas de tensão com pequenas amplitudes (em que a tensão residual é próxima de 90% da tensão nominal) e durações pequenas (maioria inferior a 100ms). Num âmbito legislativo nada se pode concluir visto que, atualmente não existe nenhuma lei que defina quantitativamente o número de cavas de tensão admissíveis (nem mesmo o RQS).

Com esta conclusão procurou-se comparar as entradas em serviço da UPS com as cavas de tensão registadas pelo equipamento de monitorização, mas sem sucesso pois à data desta monitorização apenas foi possível obter um registo de alarmes da UPS generalizado sem se conseguir correlacionar com as cavas de tensão registadas, devido à memória limitada da UPS em guardar os registos detalhados dos alarmes emitidos. De modo a atingir este objetivo procedeu-se a uma nova monitorização com registo dos alarmes emitidos pela UPS (resultante de semana de registos) tendo-se verificado que para cavas de tensão com amplitude e duração reduzidos a UPS não entrou em serviço.

Por fim, e num âmbito de aplicação prática, realizou-se a análise das entradas em serviço da UPS para diferentes regulações dos seus parâmetros, tendo em conta as curvas de imunidade definidas na brochura 412 da CIGRE [5]. Obteve-se então para a ER1 e ER2 um total de 12 entradas em serviço por parte da UPS para uma regulação correspondente à classe de equipamentos com menor imunidade (classe D), em 51 e 58, respetivamente, cavas de tensão registadas. Com uma regulação correspondente à classe de equipamentos com maior imunidade (classe A) não seria exetável a entrada em serviço da UPS. Na ER3 em nenhuma das classes seria exetável a entrada em serviço da UPS. No entanto é de salvaguardar que equipamentos de classe A têm um custo muito superior aos equipa-

mentos de classe D, sendo sempre necessário realizar um estudo de relação custo-benefício entre equipamentos com maior imunidade e sistemas de alimentação autónomos.

Os resultados apresentados não indiciam que a diminuta duração da vida útil do banco de baterias se deva a uma má qualidade da energia elétrica fornecida às ER, pois esta não apresenta cavas de tensão de grande amplitude ou duração. A maioria das cavas de tensão registadas apresentavam uma duração de 10ms e uma tensão residual entre 80% e 90% da tensão declarada.

Relativamente aos objetivos inicialmente estabelecidos para esta dissertação, concluiu-se que o principal objetivo foi atingido com sucesso, tendo-se analisado a qualidade da energia elétrica, comprovando-se que esta não apresenta cavas de tensão significativas. Quanto ao objetivo secundário nada se pode concluir por não ter sido autorizada a análise dos equipamentos instalados nas Estações de Radar, devido ao seu elevado grau de confidencialidade.

5.1 Trabalhos futuros

De modo a complementar o trabalho desenvolvido e a desmistificar a diminuta vida útil dos bancos de baterias instalados nas ER, seria importante realizar a análise do efeito que o arranque de certos equipamentos nas ER provoca no funcionamento da UPS, através de uma monitorização em 3 pontos principais: à entrada e à saída da UPS e na ligação entre as baterias e a UPS. Seria também importante uma comparação entre as características técnicas das baterias utilizadas atualmente com as anteriores que tinham um tempo de vida útil superior.

Numa vertente económica a médio/longo prazo, seria importante comparar o uso de bancos de baterias com outras fontes de armazenamento de energia tais como super-condensadores ou volantes de inércia.

Bibliografia

- [1] Manual de procedimentos da qualidade de serviço do setor elétrico. *Diário da República*, 2^a Série (232), Novembro 2013.
- [2] *Regulamento de Qualidade de Serviço do Setor Elétrico*. Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, novembro 2013.
- [3] *Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks, EN 50160*. CENELEC, julho 2010.
- [4] *Testing and measurement techniques Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests, IEC 61000-4-11*. IEC, março 2004.
- [5] CIGRE/CIREN/UIE Joint Working Group C4.110. Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations. *CIGRE Publications*, (April), 2010.
- [6] A. Q. dos Santos. *Stochastic Prediction of Voltage Sags Amplitude and Duration in Transmission Networks*. PhD thesis, Instituto Superior Técnico, julho 2015.
- [7] Relatório De Qualidade De Serviço. *REN*, 2015.

Apêndice A

Código MatLab para tratamento de dados da monitorização

A.1 Código para tratamento de cavas

```

1 clear
2
3 name='ER1_eventos finais.csv';
4 %name='ER2_eventos finais.csv';
5 %name='ER3_eventos finais.csv';
6 %name='ER3_eventos agosto.csv';
7
8 A=readtable(name);
9
10 i=1;
11 k=size(A);
12
13 while i<(k(1)+1)           %realinhamento das colunas desalinhadas na leitura
14     b=ismissing(A);
15
16     if b(i,4)==0
17         TensaoL1(i,1)=A.VoltageL1(i)+A.DurationL1(i)/100;
18         DuracaoL1(i,1)=A.ms_1(i);
19         D_msL1(i,1)=A.VoltageL2(i);
20
21     elseif b(i,7)==0
22         TensaoL2(i,1)=A.VoltageL2(i)+A.DurationL2(i)/100;
23         DuracaoL2(i,1)=A.ms_2(i);
24         D_msL2(i,1)=A.VoltageL3(i);
25
26     elseif b(i,10)==0
27         TensaoL3(i,1)=A.VoltageL3(i)+A.DurationL3(i)/100;
28         DuracaoL3(i,1)=A.ms_3(i);
29         D_msL3(i,1)=A.mas(i);
30     end
31     i=i+1;
32 end
33
34 Data=datetime(A.Date,'Format','dd-MM-yyyy');
35 Horas=datetime(A.Time,'Format','HH:mm:ss.SSS')+seconds(A.ms/1000);
36
37 Data=string(Data);
38 Horas=string(Horas);
39 Data=join([Data Horas])
40 Data=datetime(Data,'Format','dd-MM-yyyy HH:mm:ss.SSS')
41
42 if size(TensaoL1,1)~=size(Data,1)           %
43     TensaoL1(i-1,1)=0;
44     DuracaoL1(i-1,1)=cell(1,1);
45     D_msL1(i-1,1)=0;
46 end
47 if size(TensaoL2,1)~=size(Data,1)
48     TensaoL2(i-1,1)=0;
49     DuracaoL2(i-1,1)=cell(1,1);
50     D_msL2(i-1,1)=0;
51 end
52 if size(TensaoL3,1)~=size(Data,1)
53     TensaoL3(i-1,1)=0;
54     DuracaoL3(i-1,1)=cell(1,1);
55     D_msL3(i-1,1)=0;
56 end
57
58 tabela=table(Data,TensaoL1,DuracaoL1,D_msL1,TensaoL2,DuracaoL2,D_msL2,TensaoL3, DuracaoL3,D_msL3)
59 FaseL1pu=TensaoL1/230*100;

```



```

60 FaseL2pu=TensaoL2/230*100;
61 FaseL3pu=TensaoL3/230*100;
62 tabelaL1=table(Data,TensaoL1,FaseL1pu,DuracaoL1,D_msL1);
63 tabelaL2=table(Data,TensaoL2,FaseL2pu,DuracaoL2,D_msL2);
64 tabelaL3=table(Data,TensaoL3,FaseL3pu,DuracaoL3,D_msL3);
65 i=1;
66 jL1=1;
67 jL2=1;
68 jL3=1;
69 while i<k(1)+1 %Eliminar eventos nas outras fases
70     if TensaoL1(i)==0
71         nL1(jL1)=i;
72         jL1=jL1+1;
73     end
74     if TensaoL2(i)==0
75         nL2(jL2)=i;
76         jL2=jL2+1;
77     end
78     if TensaoL3(i)==0
79         nL3(jL3)=i;
80         jL3=jL3+1;
81     end
82     i=i+1;
83 end
84 tabelaL1(nL1,:)=[];
85 tabelaL2(nL2,:)=[];
86 tabelaL3(nL3,:)=[];
87
88 tabelaL3.DuracaoL3=tabelaL3.D_msL3;
89 tabelaL2.DuracaoL2=tabelaL2.D_msL2;
90 tabelaL1.DuracaoL1=tabelaL1.D_msL1;
91
92 tabelaL3.D_msL3=[]
93 tabelaL2.D_msL2=[]
94 tabelaL1.D_msL1=[]
95
96 t1=size(tabelaL1);
97 t2=size(tabelaL2);
98 t3=size(tabelaL3);
99
100 tri='Trifasica';
101 bif='Bifasica';
102 mono='Monofasica';
103 agreL1(1:t1(1),1)=string(mono);
104 agreL2(1:t2(1),1)=string(mono);
105 agreL3(1:t3(1),1)=string(mono);
106 i=13;
107 j=3;
108 l=5;
109
110 for i=1:t1(1) %agregar polifasicamente
111     for j=1:t2(1)
112         if abs(seconds(tabelaL1.Data(i)-tabelaL2.Data(j)))<=0.010 || isbetween(
(tabelaL2.Data(j),tabelaL1.Data(i),tabelaL1.Data(i)+calendarDuration(0,0,0,0,0,
tabelaL1.DuracaoL1(i)/1000))
113             for l=1:t3(1) %verifica se são trifasicas
114                 if abs(seconds(tabelaL3.Data(l)-tabelaL2.Data(j)))<=0.010 || isbetween(
tabelaL3.Data(l),tabelaL1.Data(i),tabelaL1.Data(i)+calendarDuration(
0,0,0,0,0,tabelaL1.DuracaoL1(i)/1000)) || isbetween(tabelaL3.Data(l),tabelaL2.Data(
j),tabelaL2.Data(j)+calendarDuration(0,0,0,0,0,tabelaL2.DuracaoL2(j)/1000))

```

```

115             agreL1(i,1)=string(tri);
116             agreL2(j,1)=string(tri);
117             agreL3(l,1)=string(tri);
118             break;
119         end
120     end %se nao for trifasica é bifasica (porque L1=L2)
121     if strcmp(agreL1(i),mono)
122         agreL1(i,1)=string(bif);
123         agreL2(j,1)=string(bif);
124         break;
125     end
126
127     elseif strcmp(agreL2(j),mono)
128         for l=1:t3(1) %se L1!=L2 verificar se L2=L3
129             if strcmp(agreL3(l,1),mono)&&(abs(seconds(tabelaL3.Data(l)-↙
tabelaL2.Data(j)))<=0.010||isbetween(tabelaL3.Data(l),tabelaL2.Data(j),tabelaL2.Data↙
(j)+calendarDuration(0,0,0,0,0,tabelaL2.DuracaoL2(j)/1000)))
130                 agreL3(l,1)=string(bif);
131                 agreL2(j,1)=string(bif);
132             end
133         end
134     end
135 end
136 if strcmp(agreL1(i),mono)
137     for l=1:t3(1) %Se L1!=L2 verificar se L1=L3
138         if strcmp(agreL3(l),mono)&&(abs(seconds(tabelaL1.Data(i)-tabelaL3.Data↙
(l)))<=0.010||isbetween(tabelaL3.Data(l),tabelaL1.Data(i),tabelaL1.Data(i)↙
+calendarDuration(0,0,0,0,0,tabelaL1.DuracaoL1(i)/1000)))
139             agreL1(i,1)=string(bif);
140             agreL3(l,1)=string(bif);
141             %break;
142         end
143     end
144 end
145 end
146
147
148
149 tabelaL1.Fase(1:t1(1),1)="U1";
150 tabelaL1.Tipo=agreL1;
151 tabelaL1.Properties.VariableNames{'TensaoL1'} = 'Tensao';
152 tabelaL1.Properties.VariableNames{'DuracaoL1'} = 'Duracao';
153
154 tabelaL2.Fase(1:t2(1),1)="U2";
155 tabelaL2.Tipo=agreL2;
156 tabelaL2.Properties.VariableNames{'TensaoL2'} = 'Tensao';
157 tabelaL2.Properties.VariableNames{'DuracaoL2'} = 'Duracao';
158
159 tabelaL3.Fase(1:t3(1),1)="U3";
160 tabelaL3.Tipo=agreL3;
161 tabelaL3.Properties.VariableNames{'TensaoL3'} = 'Tensao';
162 tabelaL3.Properties.VariableNames{'DuracaoL3'} = 'Duracao';
163
164 m=1;
165 t=1;
166 b=1;
167 for i=1:t1(1)
168     if strcmp(tabelaL1.Tipo(i),tri)
169         tabelaTri(t,:)=tabelaL1(i,:);
170         t=t+1;

```

```

171     elseif strcmp(tabelaL1.Tipo(i),bif)
172         tabelaBif(b,:)=tabelaL1(i,:);
173         b=b+1;
174     elseif strcmp(tabelaL1.Tipo(i),mono)
175         tabelaMono(m,:)=tabelaL1(i,:);
176         m=m+1;
177     else
178         'ERRO!!'
179
180     end
181 end
182
183 for i=1:t2(1)
184     if strcmp(tabelaL2.Tipo(i),tri)
185         tabelaTri(t,:)=tabelaL2(i,:);
186         t=t+1;
187     elseif strcmp(tabelaL2.Tipo(i),bif)
188         tabelaBif(b,:)=tabelaL2(i,:);
189         b=b+1;
190     elseif strcmp(tabelaL2.Tipo(i),mono)
191         tabelaMono(m,:)=tabelaL2(i,:);
192         m=m+1;
193     else
194         'ERRO!!'
195
196     end
197 end
198 for i=1:t3(1)
199     if strcmp(tabelaL3.Tipo(i),tri)
200         tabelaTri(t,:)=tabelaL3(i,:);
201         t=t+1;
202     elseif strcmp(tabelaL3.Tipo(i),bif)
203         tabelaBif(b,:)=tabelaL3(i,:);
204         b=b+1;
205     elseif strcmp(tabelaL3.Tipo(i),mono)
206         tabelaMono(m,:)=tabelaL3(i,:);
207         m=m+1;
208     else
209         'ERRO!!'
210
211     end
212 end
213 tabelaTri=sortrows(tabelaTri,1)
214 tabelaBif=sortrows(tabelaBif,1)
215 tabelaMono=sortrows(tabelaMono,1)
216 a=size(tabelaTri);
217 b=size(tabelaBif);
218
219 for i=1:a(1)-2
220     s=size(tabelaTri);
221     if i>s(1)-2
222         break;
223     end
224     if isbetween(tabelaTri.Data(i+1),tabelaTri.Data(i),tabelaTri.Data(i) ✓
+calendarDuration(0,0,0,0,0,tabelaTri.Duracao(i)/1000))&&isbetween(tabelaTri.Data ✓
(i+2),tabelaTri.Data(i),tabelaTri.Data(i)+calendarDuration(0,0,0,0,0,tabelaTri.Duracao ✓
(i)/1000))
225         if tabelaTri.Tensao(i)<tabelaTri.Tensao(i+1)&&tabelaTri.Tensao(i) ✓
<tabelaTri.Tensao(i+2)
226             tabelaTri.Fase(i)=tabelaTri.Fase(i)+tabelaTri.Fase(i+1)+tabelaTri. ✓

```

[illegible]

```

281 figure
282 %title('Gráfico das cavas em função da data de ocorrência')
283 plot(tabelaMono.Data,tabelaMono.Tensao*100/230,'*',tabelaBif.Data,tabelaBif.
Tensao*100/230,'x',tabelaTri.Data,tabelaTri.Tensao*100/230,'o')
284 ylim([0 100])
285 grid on      %adicionar Grid lines
286 grid minor
287 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
288 ymin=5;
289 hold on
290 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
291 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
292 hold off
293
294 ytickformat('%i%')
295
296 xlabel('Data de Ocorrência')
297 ylabel('Tensão residual em percentagem de Un')
298 legend('Cavas Monofásicas','Cavas Bifásicas','Cavas Trifásicas')
299
300 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
301 %
302 % figure % Gráfico das cavas em função da duração para monofasicas, bifasicas e
trifásicas (para análise de agosto)
303 % plot(tabelaMono.Duracao,tabelaMono.Tensao*100/230,'go', tabelaBif2.Duracao,
tabelaBif2.Tensao*100/230,'gx',tabelaTri.Duracao,tabelaTri.Tensao*100/230,'g^',
servicoUPS.Duracao,servicoUPS.Tensao*100/230,'rx')
304 % durmax=[max(tabelaMono.Duracao)+min(tabelaMono.Duracao) max(tabelaBif.Duracao)
+min(tabelaBif.Duracao) max(tabelaTri.Duracao)+min(tabelaTri.Duracao)];
305 %
306 % xlim([0 max(durmax)]) %formatar eixos
307 % ylim([0 100])
308 % grid on      %adicionar Grid lines
309 % grid minor
310 % ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
311 % ymin=5;
312 %
313 % hold on
314 % plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
315 % plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
316 % hold off
317 %
318 % ytickformat('%i%')
319 %
320 % %title('Gráfico das cavas em função da duração para monofasicas')
321 % xlabel('Duração em ms')
322 % ylabel('Tensão residual em L1 (% Un)')
323 % legend('Cavas Monofásicas','Cavas Bifásicas','Cavas Trifásicas','Cavas que
levaram a UPS a entrar em Serviço')
324 %
325 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
326 figure % Gráfico das cavas em função da duração para monofasicas
327 plot(tabelaMono.Duracao,tabelaMono.Tensao*100/230,'o')
328 durmax=[max(tabelaMono.Duracao)+min(tabelaMono.Duracao) max(tabelaBif.Duracao)+min
(tabelaBif.Duracao) max(tabelaTri.Duracao)+min(tabelaTri.Duracao)];
329
330 xlim([0 max(durmax)]) %formatar eixos
331 ylim([0 100])
332 grid on      %adicionar Grid lines
333 grid minor

```

[illegible]

```

394 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
395 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Imprimir curvas de tolerância%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
396 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
397 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
398
399
400
401 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe A Tipo I/II %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
402
403 t=0:1:3500;
404 q=size(t);
405 classeA=zeros(1,3501); % set f = a vector of zeros
406 classeA(1001:2001)=ones(1,1001)*50;% set final 500 points of f to 1
407 classeA(2001:3001)=ones(1,1001)*70;
408 classeA(3001:3501)=ones(1,501)*100;
409
410 figure('Name','Classe A Tipo I')
411 semilogx(t,classeA,'r',tabelaMono.Duracao,tabelaMono.Tensao*100/230,'o')
412 ylim([0 100])
413 xlim([0 3500])
414 xlabel('Duração em ms')
415 ylabel('Tensão residual (% Un)')
416 ytickformat('%i%')
417 grid on %adicionar Grid lines
418 grid minor
419 ymax=90; %adicionar linhas horizontais
420 ymin=5;
421
422 hold on
423 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
424 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
425 hold off
426
427 figure('Name','Classe A Tipo II')
428 semilogx(t,classeA,'r',tabelaBif.Duracao,tabelaBif.Tensao*100/230,'o')
429 ylim([0 100])
430 xlim([0 3500])
431 xlabel('Duração em ms')
432 ylabel('Tensão residual (% Un)')
433 ytickformat('%i%')
434 grid on %adicionar Grid lines
435 grid minor
436 ymax=90; %adicionar linhas horizontais
437 ymin=5;
438
439 hold on
440 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
441 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
442 hold off
443 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe A Tipo III %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
444 classeA3=zeros(1,3501); % set a vector of zeros
445 classeA3(201:1001)=ones(1,801)*40;
446 classeA3(1001:2001)=ones(1,1001)*50;
447 classeA3(2001:3001)=ones(1,1001)*80;
448 classeA3(3001:3501)=ones(1,501)*100;
449
450 figure('Name','Classe A Tipo III')
451 semilogx(t,classeA3,'r',tabelaTri.Duracao,tabelaTri.Tensao*100/230,'o')
452 ylim([0 100])
453 xlim([0 3500])

```

```

454 xlabel('Duração em ms')
455 ylabel('Tensão residual (% Un)')
456 ytickformat('%i%%')
457 grid on      %adicionar Grid lines
458 grid minor
459 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
460 ymin=5;
461
462 hold on
463 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
464 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
465 hold off
466 %%%%%%%%%%%%% Classe B Tipo I/II %%%%%%%%%%%%%
467 classeB=zeros(1,3501); % set a vector of zeros
468 classeB(201:1001)=ones(1,801)*50;% set final 500 points of f to 1
469 classeB(1001:3001)=ones(1,2001)*80;
470 classeB(3001:3501)=ones(1,501)*100;
471
472 figure('Name','Classe B Tipo I') %Monofásica
473 semilogx(t,classeB,'r',tabelaMono.Duracao,tabelaMono.Tensao*100/230,'o')
474 ylim([0 100])
475 xlim([0 3500])
476 xlabel('Duração em ms')
477 ylabel('Tensão residual (% Un)')
478 ytickformat('%i%%')
479 grid on      %adicionar Grid lines
480 grid minor
481 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
482 ymin=5;
483
484 hold on
485 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
486 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
487 hold off
488
489 figure('Name','Classe B Tipo II') %Bifásica
490 semilogx(t,classeB,'r',tabelaBif.Duracao,tabelaBif.Tensao*100/230,'o')
491 ylim([0 100])
492 xlim([0 3500])
493 xlabel('Duração em ms')
494 ylabel('Tensão residual (% Un)')
495 ytickformat('%i%%')
496 grid on      %adicionar Grid lines
497 grid minor
498 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
499 ymin=5;
500
501 hold on
502 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
503 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
504 hold off
505 %%%%%%%%%%%%% Classe B Tipo III %%%%%%%%%%%%%
506 classeB3=zeros(1,3501); % set a vector of zeros
507 classeB3(101:1001)=ones(1,901)*50;
508 classeB3(1001:3001)=ones(1,2001)*80;
509 classeB3(3001:3501)=ones(1,501)*100;
510
511 figure('Name','Classe B Tipo III') % Trifásica
512 semilogx(t,classeB3,'r',tabelaTri.Duracao,tabelaTri.Tensao*100/230,'o')
513 ylim([0 100])

```



```

514 xlim([0 3500])
515 xlabel('Duração em ms')
516 ylabel('Tensão residual (% Un)')
517 ytickformat('%i%%')
518 grid on      %adicionar Grid lines
519 grid minor
520 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
521 ymin=5;
522
523 hold on
524 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
525 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
526 hold off
527 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe C1 Tipo I/II %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
528 classeC1=ones(1,3501)*40;    % set a vector of zeros
529 classeC1(201:501)=ones(1,301)*70;% set final 500 points of f to 1
530 classeC1(501:3001)=ones(1,2501)*80;
531 classeC1(3001:3501)=ones(1,501)*100;
532
533 figure('Name','Classe C1 Tipo I') %Monofásica
534 semilogx(t,classeC1,'r',tabelaMono.Duracao,tabelaMono.Tensao*100/230,'o')
535 ylim([0 100])
536 xlim([0 3500])
537 xlabel('Duração em ms')
538 ylabel('Tensão residual (% Un)')
539 ytickformat('%i%%')
540 grid on      %adicionar Grid lines
541 grid minor
542 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
543 ymin=5;
544
545 hold on
546 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
547 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
548 hold off
549
550 figure('Name','Classe C1 Tipo II') %Bifásica
551 semilogx(t,classeC1,'r',tabelaBif.Duracao,tabelaBif.Tensao*100/230,'o')
552 ylim([0 100])
553 xlim([0 3500])
554 xlabel('Duração em ms')
555 ylabel('Tensão residual (% Un)')
556 ytickformat('%i%%')
557 grid on      %adicionar Grid lines
558 grid minor
559 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
560 ymin=5;
561
562 hold on
563 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
564 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
565 hold off
566 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe C1 Tipo III %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
567 classeC13=ones(1,3501)*70;
568 classeC13(201:3001)=ones(1,2801)*80;
569 classeC13(3001:3501)=ones(1,501)*100;
570
571 figure('Name','Classe C1 Tipo III') % Trifásica
572 semilogx(t,classeC13,'r',tabelaTri.Duracao,tabelaTri.Tensao*100/230,'o')
573 ylim([0 100])

```

```

574 xlim([0 3500])
575 xlabel('Duração em ms')
576 ylabel('Tensão residual (% Un)')
577 ytickformat('%i%%')
578 grid on      %adicionar Grid lines
579 grid minor
580 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
581 ymin=5;
582
583 hold on
584 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
585 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
586 hold off
587 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe C2 Tipo I/II %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
588 classeC2=ones(1,3501)*50;    % set a vector of zeros
589 classeC2(201:501)=ones(1,301)*70;% set final 500 points of f to 1
590 classeC2(501:3001)=ones(1,2501)*80;
591 classeC2(3001:3501)=ones(1,501)*100;
592
593 figure('Name','Classe C2 Tipo I') %Monofásica
594 semilogx(t,classeC2,'r',tabelaMono.Duracao,tabelaMono.Tensao*100/230,'o')
595 ylim([0 100])
596 xlim([0 3500])
597 xlabel('Duração em ms')
598 ylabel('Tensão residual (% Un)')
599 ytickformat('%i%%')
600 grid on      %adicionar Grid lines
601 grid minor
602 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
603 ymin=5;
604
605 hold on
606 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
607 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
608 hold off
609
610 figure('Name','Classe C2 Tipo II') %Bifásica
611 semilogx(t,classeC2,'r',tabelaBif.Duracao,tabelaBif.Tensao*100/230,'o')
612 ylim([0 100])
613 xlim([0 3500])
614 xlabel('Duração em ms')
615 ylabel('Tensão residual (% Un)')
616 ytickformat('%i%%')
617 grid on      %adicionar Grid lines
618 grid minor
619 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
620 ymin=5;
621
622 hold on
623 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
624 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
625 hold off
626 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe C2 Tipo III %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
627 classeC23=ones(1,3501)*70;    % set a vector of zeros
628 classeC23(201:3001)=ones(1,2801)*80;
629 classeC23(3001:3501)=ones(1,501)*100;
630
631 figure('Name','Classe C2 Tipo III') % Trifásica
632 semilogx(t,classeC23,'r',tabelaTri.Duracao,tabelaTri.Tensao*100/230,'o')
633 ylim([0 100])

```

```

634 xlim([0 3500])
635 xlabel('Duração em ms')
636 ylabel('Tensão residual (% Un)')
637 ytickformat('%i%')
638 grid on      %adicionar Grid lines
639 grid minor
640 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
641 ymin=5;
642
643 hold on
644 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
645 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
646 hold off
647 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe D Tipo I/II %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
648 classeD=ones(1,3501)*70;
649 classeD(501:3001)=ones(1,2501)*80;
650 classeD(3001:3501)=ones(1,501)*100;
651
652 figure('Name','Classe D Tipo I') %Monofásica
653 semilogx(t,classeD,'r',tabelaMono.Duracao,tabelaMono.Tensao*100/230,'o')
654 ylim([0 100])
655 xlim([0 3500])
656 xlabel('Duração em ms')
657 ylabel('Tensão residual (% Un)')
658 ytickformat('%i%')
659 grid on      %adicionar Grid lines
660 grid minor
661 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
662 ymin=5;
663
664 hold on
665 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
666 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
667 hold off
668
669 figure('Name','Classe D Tipo II') %Bifásica
670 semilogx(t,classeD,'r',tabelaBif.Duracao,tabelaBif.Tensao*100/230,'o')
671 ylim([0 100])
672 xlim([0 3500])
673 xlabel('Duração em ms')
674 ylabel('Tensão residual (% Un)')
675 ytickformat('%i%')
676 grid on      %adicionar Grid lines
677 grid minor
678 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
679 ymin=5;
680
681 hold on
682 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
683 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
684 hold off
685 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Classe D Tipo III %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
686 classeD3=ones(1,3501)*70;
687 classeD3(101:3001)=ones(1,2901)*80;
688 classeD3(3001:3501)=ones(1,501)*100;
689
690 figure('Name','Classe D Tipo III') % Trifásica
691 semilogx(t,classeD3,'r',tabelaTri.Duracao,tabelaTri.Tensao*100/230,'o')
692 ylim([0 100])
693 xlim([0 3500])

```

```
694 xlabel('Duração em ms')
695 ylabel('Tensão residual (% Un)')
696 ytickformat('%i%%')
697 grid on      %adicionar Grid lines
698 grid minor
699 ymax=90;     %adicionar linhas horizontais
700 ymin=5;
701
702 hold on
703 plot(get(gca,'xlim'), [ymax ymax]);
704 plot(get(gca,'xlim'), [ymin ymin]);
705 hold off
706
```

A.2 Código para tratamento de interrupções

```
1 clear
2
3 name='ER3_interrupcoes finais.csv';
4
5 A=readtable(name);
6 Data=datetime(A.Date,'Format','dd-MM-yyyy');
7 Horas=datetime(A.Time,'Format','HH:mm:ss.SSS')+seconds(A.ms/1000);
8
9 Data=string(Data);
10 Horas=string(Horas);
11 Data=join([Data Horas])
12 Data=datetime(Data,'Format','dd-MM-yyyy HH:mm:ss.SSS')
13 A.DurationL1=datetime(A.DurationL1,'Format','HH:mm:ss.SSS')+seconds(A.ms_1/1000);
14 A.DurationL2=datetime(A.DurationL2,'Format','HH:mm:ss.SSS')+seconds(A.ms_2/1000);
15 A.DurationL3=datetime(A.DurationL3,'Format','HH:mm:ss.SSS')+seconds(A.ms_3/1000);
16 A.Date=Data;
17 A.Time=[];
18 A.ms=[];
19 A.ms_1=[];
20 A.ms_2=[];
21 A.ms_3=[];
22 A
23 k=size(A)
24 i=1;
25 d=1;
26 t=1;
27 u=1;
28 b=ismissing(A);
29 for i=1:k(1)
30     if b(i,2)==0
31         dataL1(u,1)=A.Date(i);
32         duraL1(u,1)=A.DurationL1(i,:);
33         u=u+1;
34     end
35     if b(i,3)==0
36         dataL2(d,1)=A.Date(i);
37         duraL2(d,1)=A.DurationL2(i,:);
38         d=d+1;
39     end
40     if b(i,4)==0
41         dataL3(t,1)=A.Date(i);
42         duraL3(t,1)=A.DurationL3(i,:);
43         t=t+1;
44     end
45 end
46
47 Tabela=table(dataL1,duraL1,duraL2,duraL3);
48 Tabela=sortrows(Tabela,1)
```

